

Wasis • Sugeng Yuli Irianto



# Ilmu Pengetahuan Alam

*SMP dan MTs Kelas IX*



3



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional

- Wasis
- Sugeng Yuli Irianto

# Ilmu Pengetahuan Alam

*SMP dan MTs Kelas IX*



3



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional



# Ilmu Pengetahuan Alam

Penyusun	:	<b>Wasis Sugeng Yuli Irianto</b>
Editor	:	<b>Agung B. Sri Untari</b>
Perancang Kulit	:	<b>Alfianto Subandi</b>
Perancang Tata Letak Isi	:	<b>Alfianto Subandi</b>
Layout	:	<b>Tim Dept. Grafis</b>
Ilustrator	:	<b>Tim Dept. Grafis</b>
Ukuran Buku	:	<b>21 x 28,5 cm</b>

ii

# Kata Sambutan

kata sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 69 Tahun 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009

Kepala Pusat Perbukuan



# Kata Pengantar

kata pengantar

Puji syukur kami panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan buku Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk SMP dan MTs ini.

Saat ini kita hidup dalam abad globalisasi dan teknologi informasi. Perubahan yang cepat dan dramatis dalam bidang ini merupakan fakta dalam kehidupan kita sehari-hari. Nah, bagaimanakah upayamu agar dapat berperan di era globalisasi dan teknologi ini? Salah satu yang harus kamu miliki adalah kemampuan di bidang Ilmu Pengetahuan Alam (Sains), karena IPA merupakan salah satu kunci dalam menyesuaikan diri dengan perubahan dan memasuki dunia teknologi, termasuk teknologi informasi.

Buku ini disajikan dengan bahasa yang sederhana untuk memudahkan kamu mempelajari konsep, prinsip, hukum dan teori IPA serta keterkaitannya dan penerapannya. Pada awal setiap bab diberikan peta konsep dan kata kunci untuk memudahkan kamu dalam memahami dan mengingat kata-kata penting dalam bab tersebut.

Buku ini juga dilengkapi dengan latihan soal untuk mereview pemahamanmu tentang materi yang telah dipelajari. Dalam kegiatan laboratorium kamu akan belajar mengembangkan kemampuan ilmiah. Kamu juga akan menemukan info-info sains untuk menunjang pengetahuanmu sehingga kamu dapat mengembangkan kemampuan intelektualmu.

Semoga kamu dapat memanfaatkan buku ini demi kemaslahatan dan kemajuan bersama serta memberikan sumbangan yang berarti bagi bangsa dan negara.

Surakarta, Juli 2008

Penyusun

## ***Sistematika Buku***

Bab-bab dalam buku ini disusun dengan sistematika yang unik, sehingga mempermudah siswa dalam mempelajari materi yang disajikan. Sistematika buku ini adalah sebagai berikut.

### **1. Awal bab**

Setiap bab diawali dengan ilustrasi baik gambar maupun aktivitas yang relevan dengan isi bab yang akan dipelajari. Selain ilustrasi, juga dipaparkan tujuan pembelajaran yang disesuaikan dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang harus dicapai siswa.

### **2. Peta konsep**

Berisi konsep-konsep dari materi yang akan dipelajari serta hubungan antarkonsep.

### **3. Kata kunci**

Berisi kata-kata penting yang menjadi kunci pembahasan dalam bab tersebut.

### **4. Kegiatan**

Berisi percobaan atau pengamatan untuk membuktikan kebenaran konsep atau menemukan konsep yang baru.

### **5. Tugas**

Berisi kegiatan atau analisis yang harus dilakukan untuk memecahkan suatu masalah.

### **6. Latihan**

Berisi soal-soal untuk menguji kemampuan siswa dalam memahami materi yang telah dipelajari.

### **7. Info sains**

Berisi informasi yang berkaitan dengan materi yang dibahas. Informasi ini bermanfaat untuk menambah wawasan siswa.

### **8. Tokoh**

Berisi riwayat hidup tokoh-tokoh yang berjasa mengembangkan ilmu pengetahuan. Diharapkan akan menambah motivasi siswa untuk berkarya seperti mereka.

### **9. Rangkuman**

Berisi pokok-pokok pembicaraan di dalam bab yang telah selesai dipelajari.

### **10. Latih kemampuan**

Berisi soal-soal untuk melatih kemampuan siswa dalam menguasai materi dalam bab yang telah dipelajari.

### **11. Wacana sains**

Berisi pengetahuan tambahan yang relevan dengan materi yang telah dipelajari guna memperluas wawasan siswa.

### **12. Latihan semester**

Berisi soal-soal pilihan ganda dan uraian untuk menguji pemahaman materi yang telah dipelajari siswa selama satu semester.

### **13. Glosarium**

Berisi daftar kata-kata sulit yang dijumpai di dalam buku. Glosarium dapat kamu gunakan sebagai pegangan atau semacam kamus dalam mempelajari materi.

### **14. Indeks**

Berisi kata-kata atau istilah penting yang disertai dengan nomor halaman tempat kata atau istilah tersebut muncul. Melalui indeks, kamu dapat dengan cepat menemukan hal-hal yang sedang dicari.

# Daftar Isi

daftar isi

Kata Sambutan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Sistematika Buku .....	v
Daftar Isi .....	vi

## Semester I

<b>Bab I Sistem Ekskresi, Reproduksi, dan Koordinasi .....</b>	<b>3</b>
A. Alat Ekskresi Manusia .....	5
B. Sistem Reproduksi Manusia .....	11
C. Sistem Koordinasi pada Manusia .....	15
Latih Kemampuan 1 .....	31
Wacana Sains .....	32
<b>Bab II Kelangsungan Hidup Organisme .....</b>	<b>33</b>
A. Adaptasi Organisme terhadap Lingkungan .....	35
B. Seleksi Alam .....	39
C. Perkembangbiakan Organisme .....	40
Latih Kemampuan 2 .....	55
Wacana Sains .....	56
<b>Bab III Pewarisan Sifat .....</b>	<b>57</b>
A. Gen dan Kromosom .....	59
B. Persilangan .....	60
C. Pewarisan Sifat pada Manusia .....	68
Latih Kemampuan 3 .....	72
Wacana Sains .....	74
<b>Bab IV Bioteknologi .....</b>	<b>75</b>
A. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Bioteknologi .....	77
B. Bioteknologi dalam Pertanian .....	83
C. Bioteknologi Reproduksi .....	87
Latih Kemampuan 4 .....	90
Wacana Sains .....	92
<b>Bab V Listrik .....</b>	<b>93</b>
A. Listrik Statis .....	95
B. Listrik Dinamis .....	105
C. Rangkaian Listrik Tertutup .....	113
Latih Kemampuan 5 .....	126
Wacana Sains .....	128



<b>Bab VI Sumber Arus Listrik dan Energi Listrik .....</b>	<b>129</b>
A. Sumber Arus Listrik .....	131
B. Energi Listrik .....	135
C. Daya Listrik .....	141
<b>Latih Kemampuan 6 .....</b>	<b>146</b>
<b>Wacana Sains .....</b>	<b>148</b>
<b>Latihan Semester I .....</b>	<b>149</b>
 <b>Semester II</b>	
<b>Bab VII Kemagnetan .....</b>	<b>153</b>
A. Gejala Kemagnetan .....	155
B. Membuat Magnet .....	159
C. Medan Magnet .....	162
D. Pemanfaatan Sifat Kemagnetan .....	168
<b>Latih Kemampuan 7 .....</b>	<b>172</b>
<b>Wacana Sains .....</b>	<b>174</b>
<b>Bab VIII Induksi Elektromagnetik .....</b>	<b>175</b>
A. Gerak Gaya Listrik Induksi .....	177
B. Generator .....	180
C. Transformator .....	182
<b>Latih Kemampuan 8 .....</b>	<b>190</b>
<b>Wacana Sains .....</b>	<b>192</b>
<b>Bab IX Tata Surya .....</b>	<b>193</b>
A. Anggota Tata Surya .....	195
B. Matahari .....	202
C. Bumi .....	203
<b>Latih Kemampuan 9 .....</b>	<b>213</b>
<b>Wacana Sains .....</b>	<b>214</b>
<b>Bab X Litosfer dan Atmosfer .....</b>	<b>215</b>
A. Litosfer .....	217
B. Atmosfer .....	225
C. Gangguan Kesehatan dan Pencemaran Lingkungan .....	233
<b>Latih Kemampuan 10 .....</b>	<b>236</b>
<b>Wacana Sains .....</b>	<b>238</b>
<b>Latihan Semester II .....</b>	<b>239</b>
<b>Glosarium .....</b>	<b>241</b>
<b>Kunci Jawaban .....</b>	<b>244</b>
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>245</b>
<b>Indeks .....</b>	<b>247</b>





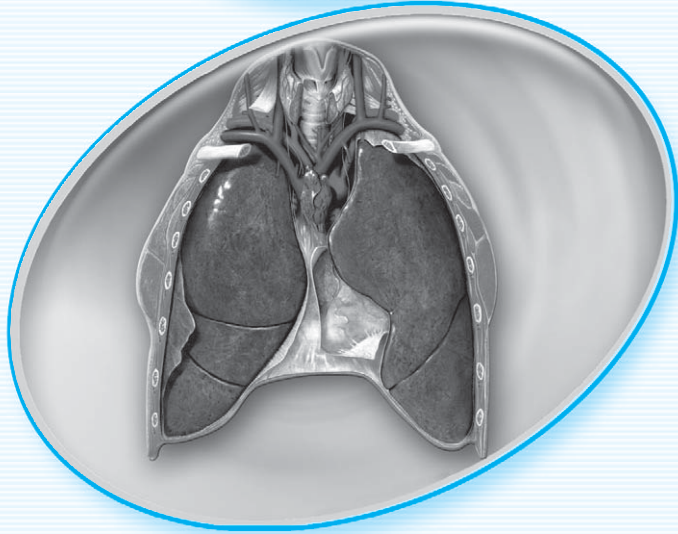
# Semester I





# Bab I

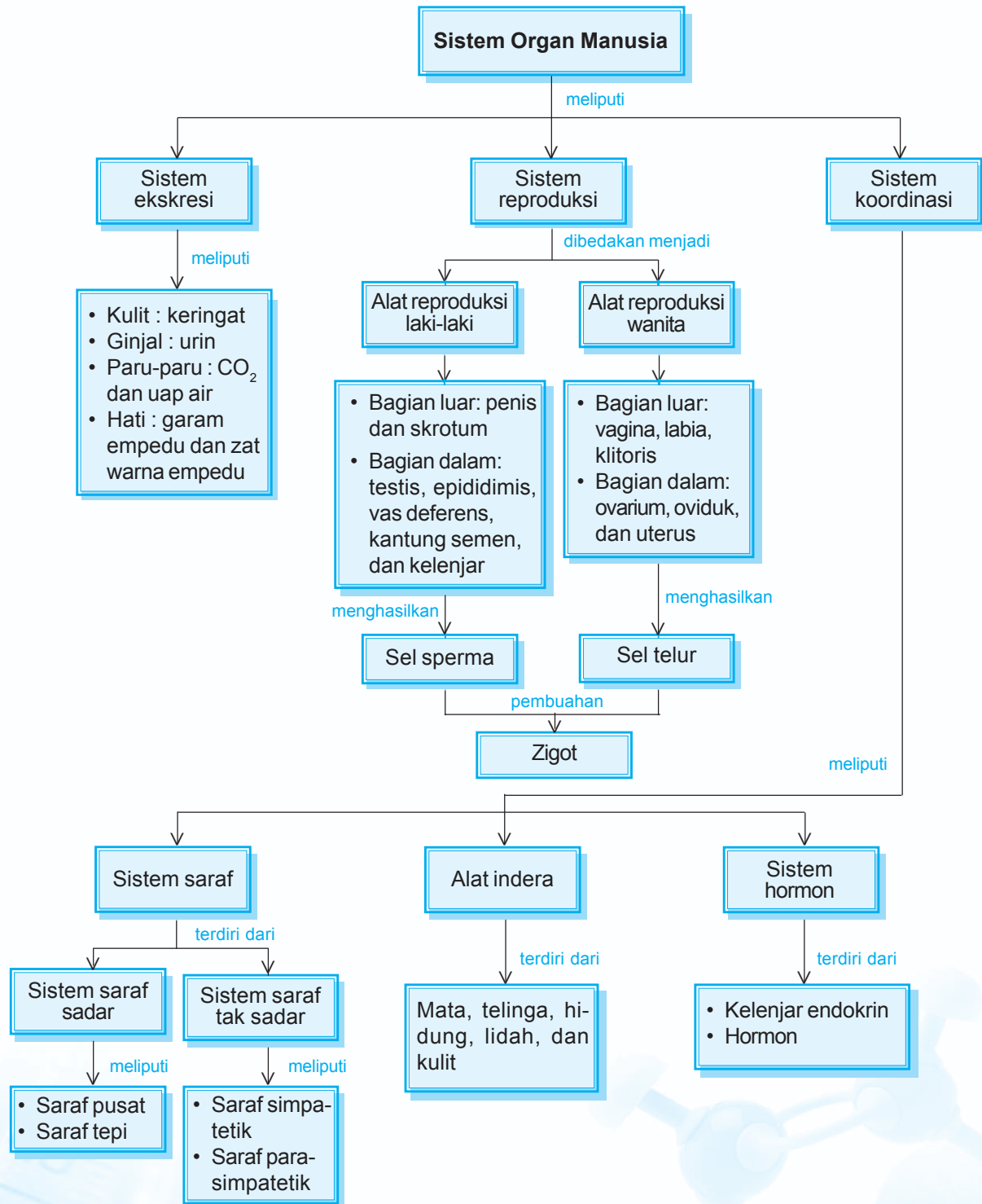
## Sistem Ekskresi, Reproduksi, dan Koordinasi



Setiap saat, sel-sel tubuh mengeluarkan zat sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi. Bila tidak, zat sisa akan menjadi racun yang membahayakan tubuh. Oleh karena itu tubuh manusia dilengkapi dengan sistem ekskresi. Selain mempunyai sistem ekskresi, tubuh manusia mempunyai sistem reproduksi yang unik. Sistem ini bertanggung jawab terhadap proses perkembangbiakan seksual. Sistem ekskresi dan sistem reproduksi berkaitan erat dengan sistem koordinasi. Apa saja organ ekskresi, reproduksi, dan koordinasi pada manusia? Gangguan atau penyakit apa yang sering terjadi pada sistem organ ini?

Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai sistem dalam kehidupan manusia. Sistem organ yang akan kamu pelajari meliputi sistem ekskresi, reproduksi, dan koordinasi. Selain itu, kamu juga akan mempelajari hubungan ketiga sistem itu dengan kesehatan manusia.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- metabolisme
- zat sisa
- gamet
- pembuahan
- ASI
- menstruasi
- saraf
- indera
- hormon



Di kelas 8 kamu sudah mempelajari sistem gerak, pencernaan, pernapasan, dan peredaran darah. Pada bab ini kamu akan melanjutkan mempelajari sistem ekskresi, reproduksi, dan koordinasi. Semua sistem dalam tubuh manusia saling bekerjasama dan membentuk satu kesatuan untuk mendukung kehidupan setiap individu. Oleh karena itu gangguan terhadap salah satu sistem atau bagian dari suatu sistem akan berpengaruh terhadap mekanisme kerja sistem yang lain.



## A Alat Ekskresi Manusia

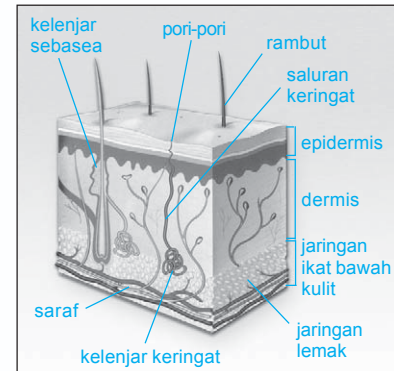
Ekskresi merupakan proses pengeluaran sisa hasil metabolisme yang sudah tidak dibutuhkan oleh tubuh. Zat sisa metabolisme bersifat racun bagi tubuh. Oleh karena itu kerusakan pada alat ekskresi dapat menyebabkan berbagai penyakit di dalam tubuh. Alat ekskresi juga berfungsi membuang zat-zat yang jumlahnya berlebihan di dalam tubuh. Hal ini berkaitan dengan sistem *osmoregulasi*, yaitu pengaturan keseimbangan konsentrasi cairan dalam tubuh. Sistem osmoregulasi menjaga tekanan osmotik cairan tubuh selalu tetap. Osmoregulasi biasanya berkaitan dengan pengaturan jumlah air dan garam mineral dalam tubuh. Organ ekskresi manusia berupa ginjal, kulit, hati, dan paru-paru.

### 1. Kulit

Zat yang diekskresikan kulit adalah keringat. Ketika udara panas, kulit mengeluarkan keringat yang mengandung air, urea, dan garam. Keringat yang keluar ke permukaan kulit akan segera menguap. Dalam proses penguapan ini, keringat menyerap energi panas dari dalam tubuh sehingga suhu tubuh menjadi lebih dingin. Jadi fungsi keringat adalah untuk mengatur suhu tubuh dengan cara membuang panas yang berlebihan.

Keringat keluar melalui pori-pori yang terdapat hampir di seluruh permukaan kulit. Dalam sehari semalam, keringat yang keluar melalui pori-pori ini dapat mencapai 8 liter. Pada saat melakukan aktivitas fisik yang berat seperti berolah raga dan kerja keras di bawah terik matahari, keringat yang dihasilkan akan lebih banyak lagi. Oleh karena itu, kamu harus cukup minum untuk menggantikan cairan tubuh yang hilang melalui keringat. Jika tidak, tubuh yang kekurangan air dan garam-garam mineral dapat menimbulkan kejang-kejang dan pingsan.

Di manakah keringat dihasilkan? Coba kamu perhatikan penampang kulit pada **Gambar 1.1**. Kulit memiliki tiga lapisan, yaitu epidermis, dermis, dan jaringan ikat bawah kulit. Lapisan tipis yang paling luar disebut lapisan *epidermis*, tersusun dari lapisan tanduk dan malpighi. Lapisan tanduk merupakan sel-sel mati dan mudah mengelupas, sedangkan lapisan malpighi mengandung pigmen warna kulit. Pada lapisan *dermis* terdapat kelenjar minyak, folikel rambut, saraf, dan kelenjar keringat.



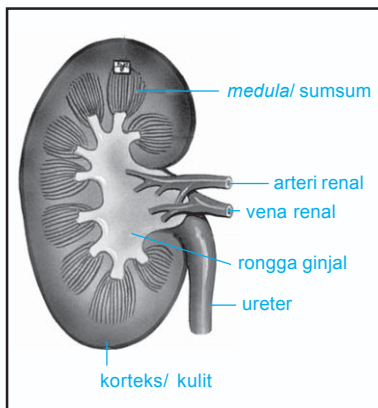
**Gambar 1.1** Penampang kulit.

Sumber: Kamus Visual

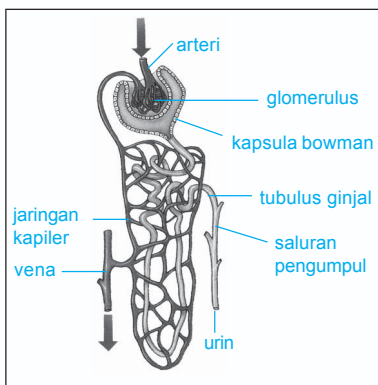
## Info Sains

### Hiperhidrosis

Keringat yang berlebihan (hiperhidrosis) dapat disebabkan karena kelainan pada produksi hormon, adanya penyakit, efek obat-obatan tertentu, pengaruh kejiwaan seperti takut atau gelisah, serta dapat disebabkan karena faktor genetis/keturunan. Oleh karena itu bila keringatmu tiba-tiba menjadi banyak (berlebihan) tanpa sebab yang jelas, maka perlu memeriksakan diri ke dokter.



**Gambar 1.2** Struktur ginjal manusia.  
**Sumber:** Kamus Biologi



**Gambar 1.3** Struktur sebuah nefron pada ginjal.  
**Sumber:** Ensiklopedia Umum

Kelenjar keringat letaknya dekat dengan pembuluh darah sehingga memungkinkan terjadinya difusi air dan garam urea. Keringat dihasilkan oleh kelenjar keringat. Ketika suhu tubuh meningkat, keringat keluar menuju permukaan kulit melalui pembuluh keringat yang bermuara di pori-pori. *Jaringan ikat di bawah kulit* memiliki batas yang tidak jelas dengan lapisan dermis. Jaringan ini banyak mengandung lemak yang berfungsi sebagai cadangan makanan, pelindung tubuh dari benturan, dan menahan panas.

Kulit juga mempunyai berbagai fungsi selain mengeluarkan keringat untuk menjaga suhu tubuh. Beberapa fungsi kulit adalah sebagai berikut.

- Sebagai alat ekskresi yang mengeluarkan keringat.
- Pelindung bagi jaringan-jaringan di bawah kulit dari benturan fisik.
- Pengatur suhu tubuh.
- Penerima rangsang
- Tempat pembentukan vitamin D dari provitamin D dengan bantuan sinar matahari.

## 2. Ginjal

Ginjal mengekskresikan urin. Urin mengandung air dan sisa-sisa metabolisme yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Jika tidak dikeluarkan, sisa metabolisme ini bersifat racun sehingga dapat membahayakan tubuh.

Tubuhmu mempunyai dua buah ginjal yang terletak di bagian belakang atas rongga perut. Ginjal berbentuk seperti kacang dengan panjang 11 cm, lebar 6 cm, dan tebal 2,5 cm. Perhatikan struktur ginjal pada **Gambar 1.2**. Di dalam ginjal, urin dibuat melalui 3 tahap, yaitu penyaringan (*filtrasi*), penyerapan kembali zat-zat yang masih berguna (*reabsorpsi*), dan *augmentasi* (penambahan zat yang sudah tak berguna seperti ion hidrogen dan ion kalium).

Bagian ginjal yang berfungsi sebagai penyaring adalah *nefron*. Diperkirakan dalam satu ginjal terdapat satu juta nefron. Nefron tersusun dari *glomerulus* dan *kapsula Bowman*. Glomerulus merupakan anyaman pembuluh kapiler darah, sedangkan kapsula Bowman merupakan cawan yang mengelilingi glomerulus. Perhatikan **Gambar 1.3**.

Glomerulus memiliki membran yang bersifat semi-permeabel. Darah masuk ke glomerulus melalui arteri ginjal. Tidak semua zat dapat melalui membran pada glomerulus. Sel-sel darah dan protein tidak dapat melewati membran, tetapi molekul-molekul kecil seperti air, ion-ion, mineral, urea, glukosa, dan asam urat dapat melaluinya. Filtrat dari glomerulus ditampung dalam kapsula Bowman, kemudian mengalir melalui tubulus ginjal dan saluran pengumpul menuju rongga ginjal. Dari ginjal, urin dikeluarkan melalui *ureter* untuk ditampung terlebih dahulu di kandung kemih. Bila kandung kemih penuh, kamu terangsang untuk buang air kecil. Urin dikeluarkan dari kandung kemih melalui *uretra*.

Komposisi urin dapat berubah-ubah, tergantung kebutuhan tubuh terhadap zat-zat tertentu, pengeluaran racun, dan makanan. Urin yang sehat berupa cairan jernih agak kuning akibat pengaruh zat warna empedu. Komposisinya terdiri dari 95% air dan 5% sisanya berupa zat terlarut seperti asam urat, urea, amonia, garam-garam mineral, zat warna empedu, dan zat-zat lain yang jumlahnya berlebihan dalam darah, seperti vitamin, hormon, dan obat-obatan.

Volume urin yang dikeluarkan dalam sehari kira-kira 900–2100 cc. Jika seseorang mengeluarkan urin secara berlebihan, dinyatakan menderita *diabetes insipidus*. Volume urin dapat mencapai 30 kali dari volume urin normal. Hal ini disebabkan tubuh kekurangan hormon antidiuretik, sehingga proses reabsorpsi air pada tubula ginjal terganggu.

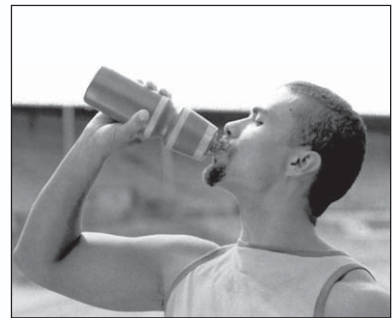
Pada dasarnya, ekskresi urin berkaitan dengan ekskresi keringat. Bila suhu lingkungan panas, tubuh lebih banyak mengeluarkan keringat untuk mendinginkan tubuh, sehingga urin yang dikeluarkan lebih sedikit. Sebaliknya ketika suhu lingkungan dingin, tubuh sedikit berkeringat sehingga urin yang dihasilkan lebih banyak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi urin antara lain sebagai berikut.

- Jumlah cairan yang masuk ke dalam tubuh. Semakin banyak air yang kamu minum, maka volume urin akan bertambah.
- Suhu udara, semakin dingin suhu udara, urin yang dihasilkan akan meningkat.
- Obat-obatan tertentu dapat memperbanyak pengeluaran urin.
- Alkohol akan meningkatkan volume urin.
- Stress akan meningkatkan volume urin.
- Hormon ADH (hormon *antidiuretik*), mengatur produksi urin.
- Banyak sedikitnya jumlah garam yang harus dikeluarkan dari tubuh.

Ginjal dapat mengalami kerusakan bila menerima beban kerja yang terlalu berat dalam jangka waktu lama. Jika ginjal seseorang sudah tidak dapat berfungsi lagi, orang tersebut dikatakan mengalami *gagal ginjal*. Akibatnya, sisa-sisa metabolisme yang seharusnya dikeluarkan dari dalam tubuh terus beredar di dalam darah.

Gagal ginjal dapat disebabkan oleh penyakit dan juga dapat karena bawaan sejak lahir. Gejala rusaknya ginjal adalah lesu, sering buang air kecil (terutama malam hari), perut tidak nyaman, pusing, dan hipertensi. Untuk mengatasinya, orang tersebut perlu melakukan pencucian darah (*dialisis*) secara periodik, misalnya setiap 3 hari sekali, tergantung tingkat kerusakan ginjal. Oleh karena itu, sayangilah ginjalmu dengan cara banyak minum air putih setiap hari. Mengurangi konsumsi garam, makanan yang mengandung zat pewarna, dan obat-obatan yang tidak benar-benar diperlukan juga membantu meringankan kerja ginjal.

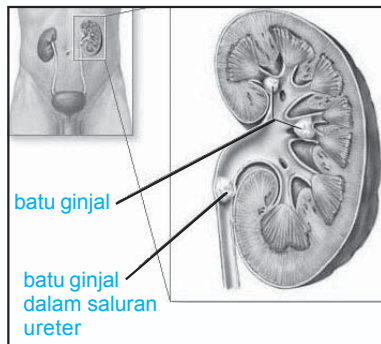


**Gambar 1.4** Manusia perlu minum minimal delapan gelas sehari agar terhindar dari gangguan kencing batu.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



Infeksi kuman penyakit juga dapat merusak ginjal. Misalnya infeksi bakteri *Streptococcus* sp. pada nefron menyebabkan *nefritis*. Bakteri ini masuk melalui saluran pernapasan kemudian dibawa oleh darah ke ginjal. Akibat infeksi ini, protein dan sel-sel darah akan keluar bersama urin. Selain itu penyerapan air dalam ginjal juga terganggu. Akibatnya, air akan tertimbun di kaki (kaki penderita bengkak).



**Gambar 1.5** Skema tempat terbentuknya batu ginjal yang sering dijumpai.

Sumber: [www.medicastore.com](http://www.medicastore.com)

Ginjal dan saluran urin juga dapat mengalami gangguan karena *kencing batu*. Perhatikan **Gambar 1.5**. Kencing batu disebabkan karena sumbatan berupa endapan kalsium pada saluran kemih. Endapan ini membentuk batu yang ukuran bermacam-macam dan permukaannya sering meruncing. Sebagian besar batu ginjal terdiri dari kalsium oksalat. Penyebab kencing batu antara lain karena terlalu sedikit minum, urin terlalu asam atau basa, dan terlalu banyak mengonsumsi kalsium dan fosfat. Kencing batu awalnya tidak menimbulkan gejala apapun. Jika batu telah menyumbat akan timbul rasa sakit hebat dari pinggang sampai selangkangan. Usaha untuk mencegah dan menghindari kencing batu antara lain banyak minum dan mengurangi makanan pedas.

Urin yang normal tidak mengandung zat-zat yang masih diperlukan tubuh seperti darah, gula (glukosa), dan protein. Jika urin mengandung zat-zat tersebut, berarti telah terjadi kerusakan atau gangguan pada ginjal. *Hematuria* adalah urin yang mengandung darah, disebabkan oleh adanya kerusakan pada glomerulus, sehingga filtrasi tidak berlangsung sebagaimana mestinya. *Albuminuria* adalah urin yang mengandung protein albumin, disebabkan kegagalan proses penyaringan protein oleh glomerulus.

Urin yang mengandung glukosa menunjukkan telah terjadi gangguan atau kerusakan pada proses reabsorpsi dalam tubulus ginjal. Adanya gula di dalam urin dapat juga disebabkan karena kadar gula dalam darah sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena proses pengubahan gula menjadi glikogen terhambat, biasanya diakibatkan kekurangan hormon insulin. Orang yang mengalami gangguan ini dikatakan menderita penyakit kencing manis (diabetes melitus).

Untuk mengamati kandungan glukosa dalam urin, kamu dapat melakukan **Kegiatan 1.1** berikut ini.

## Kegiatan 1.1

### Kandungan Glukosa dalam Urin

#### Tujuan

Memeriksa adanya glukosa dalam urin.

#### Alat dan Bahan

- |                     |          |
|---------------------|----------|
| 1. Larutan Benedict | 3. Pipet |
| 2. Tabung reaksi    | 4. Urin  |

### Langkah Kerja

1. Didihkan 5 ml larutan Benedict dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan 8 tetes urin ke dalam larutan, kemudian panaskan lagi selama 1 – 2 menit dan biarkan menjadi dingin.
3. Amatilah perubahan warna endapan. Apabila endapan berwarna hijau berarti kadar glukosa  $\pm 1\%$ , merah berarti kadar glukosa  $\pm 1,5\%$ , orange berarti kadar glukosa  $\pm 2\%$ , dan bila kuning berarti kadar glukosa  $\pm 5\%$

### Pertanyaan

1. Apakah terbentuk endapan berwarna pada urin yang kamu uji?
2. Bagaimanakah keadaan ginjal dari orang yang urinnnya kamu uji?

## 3. Paru-Paru

Paru-paru mengekskresikan karbon dioksida dan uap air. Di kelas 8 kamu telah mempelajari paru-paru sebagai sistem pernapasan. Karbon dioksida merupakan sisa metabolisme dari sel-sel tubuh. Karbon dioksida diangkut oleh darah dari seluruh jaringan tubuh menuju paru-paru. Di dalam alveolus, karbon dioksida berdifusi ke udara. Udara yang banyak mengandung karbon dioksida ini kemudian dihembuskan keluar melalui fase ekspirasi.

Untuk membuktikan bahwa udara ekspirasi mengandung karbon dioksida, kamu dapat melakukan **Kegiatan 1.2** berikut ini.

### Kegiatan 1.2

#### Karbon Dioksida dalam Udara Pernapasan

##### Tujuan

Mengetahui bahwa udara yang dikeluarkan dari paru-paru banyak mengandung karbon dioksida.

##### Alat dan Bahan

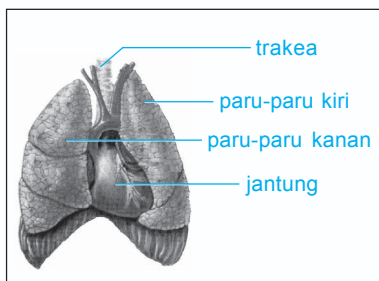
- |                |          |
|----------------|----------|
| 1. Selang      | 3. Air   |
| 2. Gelas kimia | 4. Kapur |

##### Langkah Kerja

1. Buatlah larutan kapur ke dalam gelas kimia.
2. Tariklah napasmu dalam-dalam dan keluarkan melalui mulut dengan bantuan selang ke dalam larutan kapur. Amati perubahan yang terjadi dalam air kapur. Endapan dapat terbentuk bila air kapur ( $\text{CaOH}$ ) bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  menghasilkan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang mengendap berwarna putih.

##### Pertanyaan

1. Bagaimanakah keadaan air kapur setelah kamu hembuskan napas ke dalamnya?
2. Apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil dari kegiatan ini?



**Gambar 1.6** Struktur paru-paru pada manusia.

Sumber: Ensiklopedia Umum

Udara yang keluar masuk paru-paru tidak selalu bersih karena bercampur dengan debu, asap, kotoran, dan kuman-kuman penyakit. Akibatnya, kerja paru-paru sebagai alat ekskresi dapat mengalami gangguan. Contoh kelainan atau gangguan pada paru-paru adalah tuberkulosis yang disebabkan bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, pneumonia yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus pneumoniae*, ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Atas), SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), asma, dan lain-lain. Kebiasaan yang buruk juga dapat menyebabkan kerusakan pada paru-paru, misalnya merokok dapat menyebabkan kanker paru-paru. Untuk mengetahui lebih mendalam tentang berbagai gangguan atau kelainan paru-paru dan upaya pencegahannya, kamu dapat mencari informasi dari berbagai sumber seperti perpustakaan, majalah dan tabloid kesehatan, siaran radio dan televisi, internet, dan lain-lain.

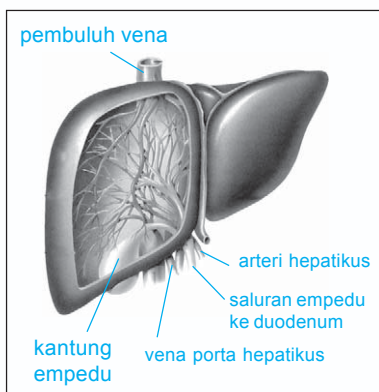
#### 4. Hati

Hati mengekskresikan empedu yang dihasilkan dari perombakan sel darah merah yang sudah rusak/tua. Empedu yang dihasilkan terlebih dahulu ditampung di *kantung empedu* (**Gambar 1.7**). Empedu terdiri dari garam empedu dan zat warna empedu (*bilirubin* dan *biliverdin*). Garam empedu berfungsi mengemulsi-kan lemak dalam proses pencernaan. Zat warna empedu memberi warna yang khas pada feses dan urin. Zat warna empedu merupakan zat sisa tidak langsung, karena dihasilkan oleh hati tetapi pengeluarannya melalui saluran pencernaan dan darah menuju ginjal untuk dikeluarkan bersama urin.

Hati pada orang dewasa beratnya sekitar 1,5 kg. Selain sebagai alat ekskresi, hati memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai berikut.

- Pembongkaran sel darah merah yang sudah tua.
- Pusat pengubahan protein, lemak, dan karbohidrat sesuai kebutuhan tubuh.
- Menawarkan racun.
- Tempat pembentukan provitamin A menjadi vitamin A.
- Tempat pembentuk protrombin.
- Menyimpan gula dalam bentuk glikogen.

Sari-sari makanan yang diserap dari usus halus terlebih dahulu masuk ke hati melalui *vena porta*. Di dalam hati, zat beracun dan bibit penyakit disaring dan dinetralkan oleh sel-sel hati. Karena kerja hati cukup berat, hati dapat mengalami berbagai kerusakan atau gangguan. Zat-zat tertentu seperti racun dan alkohol dapat menyebabkan kerusakan sel-sel hati yang disebut *sirosis* dan kanker hati. Untuk menjaga kesehatan hati kamu harus berhati-hati dalam memilih makanan, misalnya menjaga kebersihan makanan, menghindari zat aditif dalam makanan yang tidak benar-benar diperlukan, tidak mengonsumsi makanan yang kadaluarsa, menghindari alkohol, dan sebagainya.



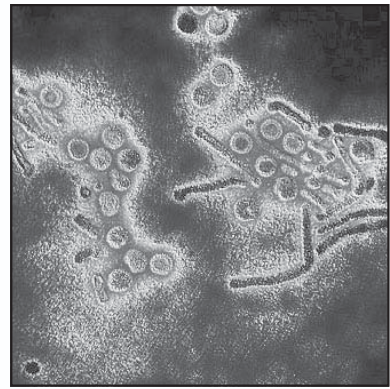
**Gambar 1.7** Struktur hati manusia.

Sumber: Ensiklopedia IPTEK



Infeksi bakteri atau virus juga dapat menyebabkan penyakit pada hati. Contohnya adalah penyakit hepatitis yang disebabkan oleh virus (**Gambar 1.8**). Virus dapat menular melalui makanan, minuman, transfusi darah, dan jarum suntik. Hepatitis menyebabkan kerusakan sel-sel hati sehingga zat warna empedu menyebar ke seluruh tubuh. Akibatnya warna kulit tubuh dan bola mata menjadi kekuning-kuningan. Oleh karena itu penyakit hepatitis sering disebut penyakit kuning. Untuk mencegah penyakit hepatitis, kamu harus menjaga kesehatan dan kebersihan makanan dan lingkungan sekitar.

Kantung empedu juga dapat mengalami gangguan, misalnya batu empedu. Batu empedu biasanya disebabkan oleh meningkatnya kandungan kolesterol sehingga garam empedu dan fosfolipid tidak mampu melarutkannya. Akibatnya kolesterol akan mengkristal dan membentuk batu empedu. Batu empedu yang terus membesar akan menghalangi aliran cairan empedu, sehingga menimbulkan rasa sakit dan muncul berbagai kelainan, misalnya gangguan pencernaan lemak.



**Gambar 1.8** Virus hepatitis tipe B, penyebab penyakit hepatitis (sakit kuning).

**Sumber:** Microsoft Encarta, 2006

### Tugas 1.1

1. Berdiskusilah dengan temanmu untuk menemukan hubungan antara pengeluaran keringat dengan urin?
2. Mengapa hati disebut juga sebagai alat ekskresi?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi volume urin yang dihasilkan?
4. Carilah informasi cara kerja alat pencuci darah.



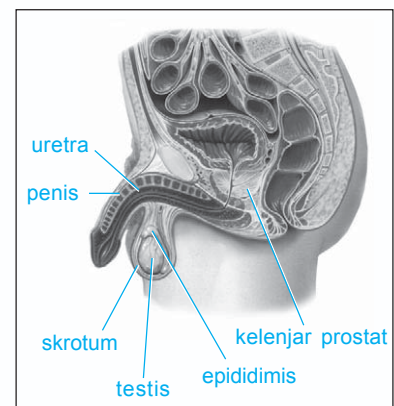
## B Sistem Reproduksi Manusia

Reproduksi pada manusia terjadi secara seksual, artinya terbentuknya individu baru diawali dengan bersatunya sel kelamin laki-laki (sperma) dan sel kelamin wanita (sel telur). Sistem reproduksi manusia dibedakan menjadi alat reproduksi laki-laki dan perempuan.

### 1. Alat Reproduksi Laki-Laki

Alat reproduksi laki-laki terdiri dari alat kelamin bagian luar dan alat kelamin bagian dalam. Perhatikan **Gambar 1.9**. Alat kelamin bagian luar terdiri dari *penis* dan *skrotum*. Sedangkan alat kelamin bagian dalam terdiri dari *testis*, *epididimis*, *vas deferens*, *prostat*, *vesika seminalis*, dan *kelenjar bulbouretral*.

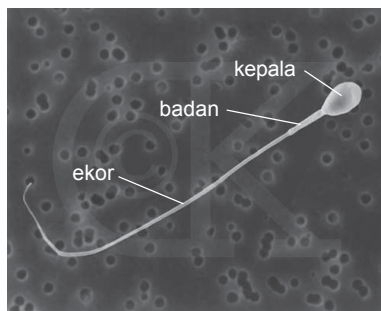
*Penis* merupakan alat untuk kopulasi. Sedangkan *skrotum* adalah kantung yang berisi dua testis yang menggantung. Skrotum dapat naik dan turun untuk menjaga suhu testis selalu optimum untuk pembentukan sperma. Saat udara dingin,



**Gambar 1.9** Organ kelamin laki-laki.

**Sumber:** The Human Body Atlas





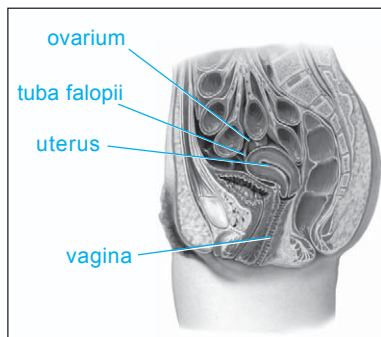
**Gambar 1.10** Sel sperma manusia.

**Sumber:** [www.cartage.org.lb](http://www.cartage.org.lb)

skrotum akan naik lebih dekat ke tubuh sehingga suhunya tetap hangat. Jika udara panas, skrotum turun dan menjauhi tubuh, sehingga suhunya tidak terlalu panas. *Testis* adalah tempat pembentukan sperma (spermatogenesis). Spermatogenesis pada manusia berlangsung selama 2 – 3 minggu. Sel sperma yang dihasilkan testis keluar melalui saluran sperma menuju penis. Di dalam penis terdapat saluran uretra. Selain sebagai saluran sperma, uretra juga berfungsi sebagai saluran urin.

Sebelum dikeluarkan melalui penis, sperma mengalami proses pematangan di *epididimis*. Saluran yang menghubungkan epididimis dengan uretra disebut *vas deferens*. Selama perjalanan ke uretra, sperma bercampur dengan cairan dari vesika seminalis dan kelenjar prostat yang disebut dengan *semen*. *Kelenjar prostat* menghasilkan cairan yang dapat menetralkan suasana asam dalam vagina sehingga sperma yang masuk dapat bertahan hidup. *Vesika seminalis* menghasilkan bahan makanan bagi sperma pada saat perjalanan menuju sel telur. Sedangkan *kelenjar bulbourethral* menghasilkan lendir untuk mendukung kehidupan sperma.

Pada usia remaja (sekitar usia 12 – 13 tahun), umumnya organ kelamin laki-laki telah mampu menghasilkan sel sperma (**Gambar 1.10**). Biasanya ditandai dengan mimpi dan keluarnya sel sperma (mimpi basah). Sel sperma manusia memiliki panjang  $\pm 60 \mu\text{m}$ . Dalam satu tetes semen (air mani) terdapat kurang lebih 200 – 500 juta sperma. Sel sperma dapat bergerak aktif karena mempunyai flagela (ekor).



**Gambar 1.11** Organ kelamin wanita.

**Sumber:** *The Human Body Atlas*

## 2. Alat Reproduksi Wanita

Alat reproduksi perempuan juga terdiri dari alat kelamin dalam dan alat kelamin luar. Alat kelamin bagian luar terdiri dari *lubang vagina*, *labia mayora*, *labia minora*, *mons pubis* dan *klitoris*. Sedangkan pada alat kelamin bagian dalam terdapat *ovarium*, *tuba falopii* (*oviduk*), dan *uterus* (*rahim*) (**Gambar 1.11**).

*Ovarium* berjumlah sepasang, merupakan tempat untuk memproduksi sel telur (ovum). Sel telur manusia mempunyai diameter  $\pm 0,1 \text{ mm}$ . Sel telur ini tidak dapat bergerak aktif karena tidak memiliki alat gerak. *Tuba falopii* atau *oviduk* adalah saluran yang menghubungkan ovarium dengan uterus. Sel telur yang dilepaskan dari ovarium diterima oleh ujung tuba falopii yang berbentuk corong (disebut *infundibulum*). Dari tuba falopii, sel telur kemudian menuju rahim. Pembuahan sel telur sering terjadi di tuba falopii ini. *Uterus* atau *rahim* adalah tempat melekatnya sel telur yang telah dibuahi oleh sperma. Uterus berupa rongga berotot yang mampu mengembang mengikuti perkembangan embrio. *Vagina* merupakan saluran akhir dari alat kelamin dalam. Vagina juga menjadi alat kopulasi pada perempuan, jalan lahir bayi waktu melahirkan, dan saluran tempat keluarnya menstruasi.

### 3. Pembuahan dan Perkembangan Embrio

Pada umumnya, setiap 28 hari sekali ovarium melepaskan sebuah sel telur. Pelepasan sel telur ini disebut ovulasi. Ketika terjadi ovulasi, dinding uterus mengalami penebalan sehingga menjadi tempat yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan zigot. Bila sesaat setelah terjadi ovulasi ada sel sperma yang masuk ke saluran telur, maka akan terjadi pembuahan (**Gambar 1.12**). Sel telur yang telah dibuahi disebut zigot. Zigot kemudian membelah menjadi dua sel, empat sel, delapan sel, dan seterusnya sehingga terbentuk embrio atau janin. Beberapa hari setelah zigot menempel di dinding uterus, akan terbentuk sekumpulan pembuluh-pembuluh darah di dinding uterus yang disebut *plasenta*. Kebutuhan janin dipenuhi dari plasenta dengan perantaraan tali pusat atau ari-ari (perhatikan **Gambar 1.13**). Fungsi plasenta adalah sebagai pelindung janin dari kuman penyakit dan racun tertentu; sebagai pengatur nutrisi dan oksigen bagi fetus dari ibu; dan sebagai jalan pembuangan sisa metabolisme dari janin ke tubuh ibu. Lama kehamilan pada manusia sekitar 266 hari atau 9 bulan lebih 10 hari. Setelah kehamilan mencapai usia tersebut, tibalah saatnya untuk proses persalinan atau kelahiran bayi.

Jika sel telur tidak dibuahi oleh sel sperma, lapisan dinding uterus yang telah menebal akan meluruh bersama darah dan dikeluarkan melalui vagina. Peristiwa ini disebut *menstruasi*. Umum menstruasi akan terjadi setiap 28 hari sekali, walaupun ada perempuan yang mendapatkan menstruasi kurang dari 28 hari dan ada pula yang lebih dari 28 hari. Bagi remaja putri, menjaga kebersihan tubuh sangat penting ketika mengalami menstruasi. Darah haid yang keluar harus ditahan dengan pembalut dan dibersihkan agar tidak menimbulkan penyakit.

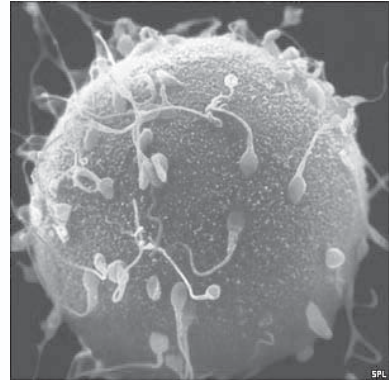
Seorang remaja perempuan yang telah mendapatkan menstruasi menunjukkan bahwa dia telah mampu menghasilkan sel telur. Dengan kata lain, dia telah siap bereproduksi dan melahirkan bayi. Namun demikian, remaja belum mempunyai kesiapan fisik, mental, dan sosial-ekonomi untuk mendapatkan kehamilan. Oleh karena itu, kamu harus berhati-hati dalam bergaul, jangan pernah terjerumus dalam pergaulan seks bebas dan seks pranikah!

### 4. Gangguan Sistem Reproduksi pada Manusia

Sistem reproduksi dapat mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan ini dapat menyebabkan pasangan usia subur sulit memperoleh keturunan. Oleh karena itu, kamu harus selalu menjaga kesehatan organ-organ reproduksi, sehingga kelak dapat memperoleh keturunan yang sehat. Beberapa gangguan dan penyakit yang berkaitan dengan sistem reproduksi adalah sebagai berikut.

#### a. AIDS

AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) yang



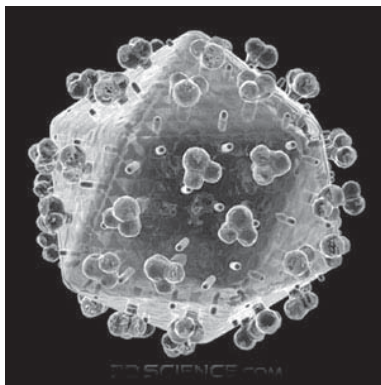
**Gambar 1.12** Sel telur manusia yang sedang dibuahi oleh sel sperma.

Sumber: [news.bbc.co.uk](http://news.bbc.co.uk)



**Gambar 1.13** Embrio manusia umur 8 minggu.

Sumber: [www.med.kyoto-u.ac.jp](http://www.med.kyoto-u.ac.jp)



**Gambar 1.14** Model komputer 3 dimensi virus HIV penyebab AIDS.

**Sumber:** [wever.files.wordpress.com](http://wever.files.wordpress.com)

menyerang kekebalan tubuh. Penularannya dapat terjadi melalui hubungan seksual, transfusi darah penderita AIDS, jarum suntik yang tercemar, dan ibu hamil kepada anaknya. Tubuh yang terserang virus HIV kekebalannya rusak, sehingga mudah terinfeksi oleh berbagai jenis penyakit yang dapat menimbulkan kematian. Infeksi HIV awalnya tidak menampilkan gejala sakit. Pada tahap berikutnya muncul gejala flu berulang seperti lesu, demam, berkeringat di malam hari, dan otot sakit.

#### b. Sifilis

Penyakit sifilis sering disebut *raja singa*. Sifilis bersifat menular dan disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Penularan dapat terjadi melalui hubungan seksual, transfusi darah, dan kehamilan. Gejala awalnya timbul bisul pada bagian penis laki-laki atau di rahim perempuan. Bisul ini tidak menyebabkan rasa sakit dan dapat sembuh dengan sendirinya. Gejala selanjutnya muncul lesi di permukaan kulit di seluruh tubuh namun tidak menyebabkan gatal, sariawan di mulut, sakit tenggorokan, demam ringan, dan pembengkakan kelenjar limfa pada lipatan tangan, leher, dan paha. Gejala-gejala ini juga dapat hilang dengan sendirinya. Pada infeksi tingkat lanjut, muncul gejala berupa kerusakan tulang dan sendi, aorta, dan dapat menyebabkan kelumpuhan. Namun gejala-gejala ini dapat dihentikan dengan pengobatan.

#### c. Gonore

Penyakit gonore disebabkan oleh infeksi bakteri *Neisseria gonokokus* dan dapat menular melalui hubungan seksual. Gonore menyerang selaput lendir uretra, leher rahim, dan organ lain. Pada laki-laki, gejalanya adalah terasa sakit saat buang air dan keluar nanah dari uretra. Pada penderita wanita, muncul gejala keluar lendir berwarna hijau dari alat kelamin. Namun banyak perempuan yang tidak menunjukkan adanya gejala, sehingga penyakit akan berlanjut sampai terjadi komplikasi. Infeksi yang menyebar hingga ke testis (pada laki-laki) dan oviduk (pada wanita) dapat menyebabkan kemandulan. Infeksi yang menyebar ke persendian menyebabkan radang sendi. Bayi yang lahir dari penderita gonore dapat mengalami kebutaan jika tidak segera mendapatkan pengobatan.

### Latihan 1.1

1. Di manakah sperma dibentuk? Jelaskan urutan jalannya sperma dari tempat pembentukan hingga siap untuk diejakulasikan (dikeluarkan).
2. Sebutkan alat reproduksi pada wanita beserta fungsinya masing-masing.
3. Bagaimanakah proses pembuahan berlangsung?
4. Bagaimanakah usahamu agar tidak tertular penyakit AIDS?





## Sistem Koordinasi pada Manusia

Semua sistem organ dalam tubuh manusia bekerja secara teratur dan selaras, kecuali jika ada gangguan atau kelainan. Hal ini disebabkan karena ada sistem yang mengatur kerja berbagai sistem organ. Sistem organ ini disebut sistem koordinasi. Sistem koordinasi pada manusia terdiri dari sistem saraf, sistem indera, dan sistem hormon (endokrin). Sistem saraf bersama-sama dengan sistem hormon berfungsi untuk mengatur dan memelihara fungsi tubuh, misalnya mengatur kontraksi otot, perubahan alat-alat tubuh bagian dalam, dan sekresi berbagai kelenjar dalam tubuh.

### 1. Organisasi Sistem Saraf

Sistem saraf berperan penting untuk merasakan perubahan-perubahan yang terjadi di luar atau di dalam tubuh, menafsirkannya, dan memberi respon (menjawab) dalam bentuk kontraksi otot atau dapat berupa sekresi kelenjar. Fungsi sistem saraf pada manusia adalah sebagai berikut.

- Menerima informasi atau rangsangan berupa perubahan yang terjadi di dalam lingkungan melalui reseptor.
- Mengatur dan memproses informasi atau rangsangan yang diterima.
- Mengatur dan memberi tanggapan (*respon*) terhadap rangsangan dalam bentuk gerak atau sekresi kelenjar.

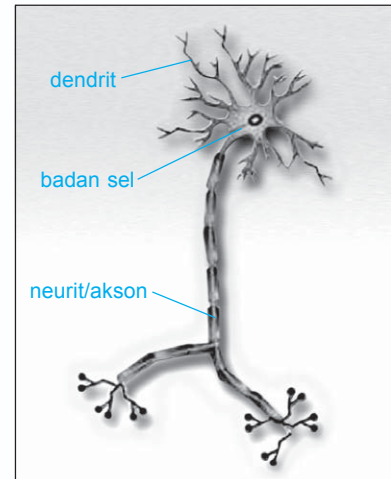
Sel saraf atau neuron merupakan unit struktural dan fungsional yang terkecil dari sistem saraf. Sel-sel ini sudah tidak mengalami pembelahan lagi, sehingga bila mengalami kerusakan tidak dapat diperbaiki. Jadi kamu harus berhati-hati agar sistem saraf tidak mengalami gangguan.

#### a. Sel Saraf (*Neuron*)

Sel saraf berfungsi untuk menghantarkan impuls. Seperti pada **Gambar 1.15**, bagian-bagian sel saraf adalah sebagai berikut.

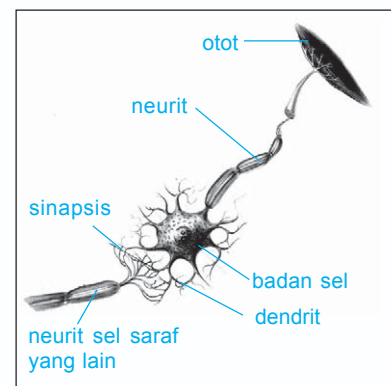
- Badan sel, di dalamnya terdapat sitoplasma dan inti sel yang terbungkus oleh selaput plasma. Fungsi badan sel saraf adalah menerima dan meneruskan impuls dari dendrit ke neurit atau akson.
- Dendrit, merupakan juluran dan bercabang-cabang yang keluar dari badan sel, berfungsi menerima dan membawa rangsang ke badan sel.
- Neurit atau akson merupakan juluran badan sel yang berfungsi untuk menghantarkan rangsang dari badan sel ke sel saraf lainnya.

Daerah pertemuan ujung-ujung neurit dengan dendrit disebut *sinapsis*. Di tempat inilah rangsangan diteruskan dari satu sel saraf ke sel saraf yang lain. Untuk lebih jelasnya, perhatikan **Gambar 1.16**.



**Gambar 1.15** Sel saraf.

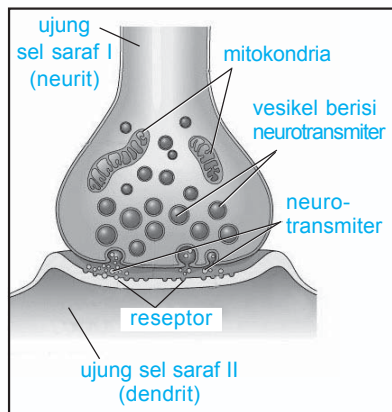
Sumber: Dokumen Penerbit



**Gambar 1.16** Skema suatu sinapsis.

Sumber: Ensiklopedia IPTEK





**Gambar 1.17** Pemindahan rangsang pada sinapsis.

Sumber: universe-review.ca

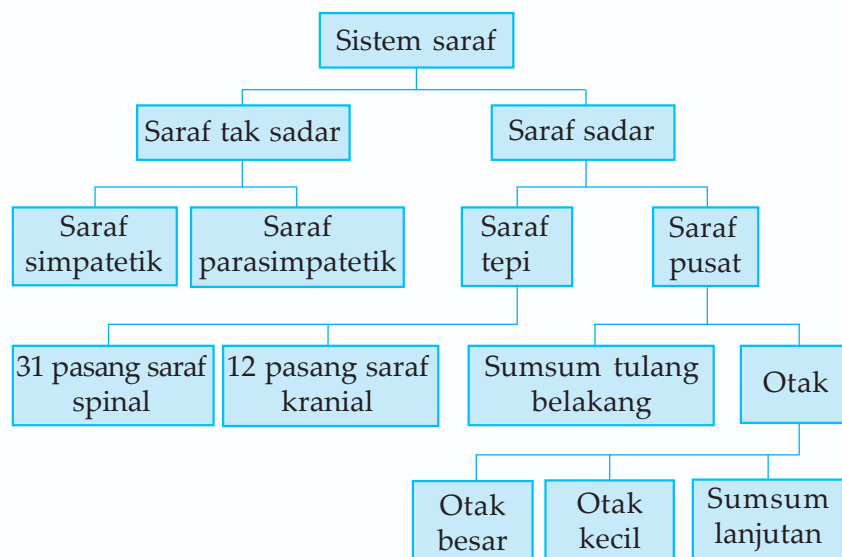
Berdasarkan fungsinya, sel saraf dapat dibedakan menjadi sel saraf sensorik, motorik, dan perantara.

- 1) Sel saraf *sensorik*, berfungsi untuk menerima rangsang dari reseptor (indera) dan meneruskan ke otak atau sumsum tulang belakang.
- 2) Sel saraf *motorik*, berfungsi untuk menyampaikan perintah dari otak atau sumsum tulang belakang menuju reseptor (otot/kelenjar tubuh).
- 3) Sel saraf perantara/asosiasi (*interneuron*), sebagai perantara neuron sensorik dengan neuron motorik.

Mekanisme kerja sistem saraf adalah sebagai berikut. Rangsangan yang diterima reseptor diteruskan menuju susunan saraf pusat. Dendrit membawa rangsang ke badan sel dan diteruskan menuju neurit. Rangsang diteruskan ke dendrit sel saraf yang lain melalui sinapsis. Pada sinapsis terdapat cairan *neurotransmitter* berupa *asetilkolin*. Asetilkolin dihasilkan oleh ujung neurit yang berfungsi untuk menghantarkan impuls dari neurit ke dendrit sel saraf lain (**Gambar 1.17**). Kerja asetilkolin dapat terganggu oleh obat-obatan tertentu. Apabila kerja asetilkolin terganggu, sinapsis tidak akan mampu menghantarkan impuls saraf. Akibatnya akan terjadi gangguan pada koordinasi tubuh.

## b. Susunan Saraf pada Manusia

Susunan saraf manusia terdiri dari susunan saraf sadar dan saraf tak sadar (otonom). Sistem saraf sadar terdiri dari saraf pusat dan saraf tepi. Sedangkan sistem saraf tak sadar terdiri dari saraf simpatik dan parasimpatetik. Untuk lebih jelasnya perhatikan bagan berikut.



### 1) Sistem Saraf Sadar

Sistem saraf sadar terdiri dari sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) dan sistem saraf tepi.

a) Sistem Saraf Pusat

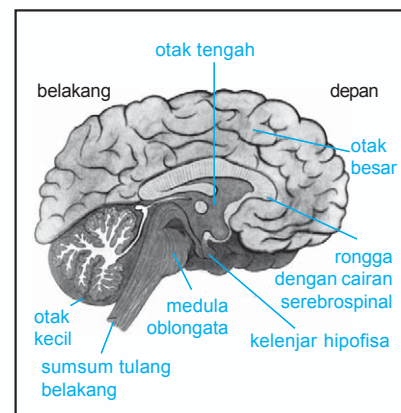
Sistem saraf pusat terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang. Otak dilindungi oleh tulang-tulang tengkorak. Perlindungan bagi otak sangat penting sebab otak merupakan organ vital yang mengatur kerja sistem organ yang lain. Otak manusia dapat dibedakan menjadi otak besar (*serebrum*), otak kecil (*serebelum*) dan sumsum lanjutan (*medula oblongata*). Perhatikan **Gambar 1.18**.

Otak besar mencakup 80% berat otak, permukaan luarnya disebut *korteks* yang berwarna kelabu (disebut *substansi grisea*). Bagian ini tersusun dari enam lapisan sel yang berfungsi sebagai penerima, menganalisis, dan menyimpan informasi. Oleh karena itu bagian otak besar memegang peranan penting dalam aktivitas intelektual. Di bawah *korteks* terdapat bagian medula yang berwarna putih (disebut *substansi alba*). Medula terdiri dari *akson-akson* yang bermielin dan banyak serabut saraf. Otak besar terbagi menjadi dua belahan yang mengendalikan kegiatan tubuh yang berbeda. Belahan kiri mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kanan dan sebaliknya belahan kanan mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kiri.

Fungsi otak besar yaitu untuk menyimpan memori, tempat berpikir, pusat kesadaran dan kemauan, tempat menerjemahkan rangsangan yang masuk baik melalui pendengaran maupun penglihatan, dan mengoordinasikan gerak serta mengendalikan semua kegiatan yang disadari. Otak kecil berbentuk seperti kupu-kupu dan terletak di belakang otak besar. Otak kecil terdiri dari dua belahan kanan dan kiri. Ada bagian yang berbentuk bulat (disebut *vermis*) dan seperti sayap (disebut *hemisfer*). Fungsi otak kecil adalah mengatur gerak tak sadar dari otot-otot rangka, bekerja sama dengan telinga dalam untuk mengatur keseimbangan tubuh, dan mempertahankan postur tubuh.

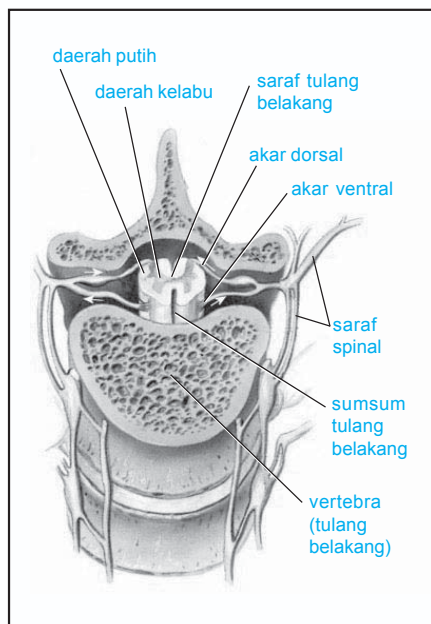
Sumsum lanjutan merupakan penghubung antara otak kecil dan sumsum tulang belakang. Terletak di bawah otak besar dan di depan otak kecil. Sumsum lanjutan tersusun dari dua lapisan, yaitu lapisan berwarna putih di sebelah luar, sedangkan lapisan berwarna abu-abu di sebelah dalam. Fungsinya adalah untuk mengatur kegiatan tubuh yang tidak disadari, misalnya pengaturan suhu tubuh, denyut jantung, dan pernapasan.

Sumsum tulang belakang berbentuk silinder agak gepeng. Letaknya memanjang di antara ruas-ruas tulang belakang dimulai dari ruas tulang leher sampai dengan tulang pinggang kedua. Susunan sumsum tulang belakang sama dengan sumsum lanjutan. Lapisan luar berwarna putih (*substansi alba*), terdiri dari dendrit dan neurit. Lapisan dalam berwarna abu-abu (*substansi grisea*) yang banyak mengandung sel saraf. Kalau kamu perhatikan, susunan ini berkebalikan dengan susunannya pada otak. Pada bagian dalam sumsum tulang belakang terdapat bagian yang



**Gambar 1.18** Penampang otak manusia.

Sumber: Kamus Sains



**Gambar 1.19** Sistem saraf pada sumsum tulang belakang manusia.

Sumber: universe-review.ca

berbentuk seperti sayap kupu-kupu. Coba perhatikan **Gambar 1.19**. Sayap ini ada yang mengarah ke depan dan ada yang ke belakang. Bagian sayap yang mengarah ke depan disebut *akar ventral* yang banyak mengandung sel saraf motorik. Sedangkan sayap yang mengarah ke belakang disebut *akar dorsal* yang banyak mengandung sel saraf sensorik. Kedua sel saraf ini dihubungkan dengan saraf konektor (saraf penghubung).

Fungsi sumsum tulang belakang yaitu sebagai pusat gerak refleks, pengantar rangsangan sensorik dari indera ke otak, dan membawa impuls motorik dari otak ke alat tubuh.

#### b) Sistem Saraf Tepi

Sistem saraf tepi merupakan saraf penghubung antara sistem saraf pusat dengan organ-organ tubuh. Terdiri dari serabut-serabut saraf yang keluar dari otak dan sumsum tulang belakang, yaitu 12 pasang serabut saraf otak dan 31 pasang serabut saraf sumsum tulang belakang.

Serabut saraf yang keluar dari otak disebut *sistem saraf kranial*, arahnya menuju ke alat tubuh atau otot tertentu. Serabut saraf yang keluar dari sumsum tulang belakang disebut *sistem saraf spinal*, arahnya menuju alat-alat tubuh misalnya kaki dan tangan.

### 2) Sistem Saraf Tak Sadar

Sistem saraf tak sadar/saraf otonom bekerja di luar pengaruh sistem saraf sadar. Sistem saraf tak sadar terdiri dari sistem saraf simpatetik dan parasimpatetik. Kedua saraf itu bekerja pada efektor (alat/organ tubuh) yang sama, tetapi sifat kerjanya sering berkebalikan.

#### a) Sistem Saraf Simpatetik

Terdiri dari 25 pasang simpul saraf/ganglion yang terletak di sepanjang tulang belakang sebelah depan, dimulai dari ruas tulang leher sampai tulang ekor. Masing-masing simpul saraf dihubungkan dengan sistem saraf spinal yang keluar menuju organ-organ tubuh seperti jantung, paru-paru, ginjal, pembuluh darah, dan pencernaan. Perhatikan fungsi saraf simpatetik pada **Tabel 1.1**.

#### b) Sistem Saraf Parasimpatetik

Susunan saraf parasimpatetik ini berkaitan dengan ganglion yang tersebar di seluruh tubuh. Saraf parasimpatetik menuju organ yang dikendalikan oleh saraf simpatetik, sehingga bekerja pada efektor yang sama. Fungsi sistem saraf parasimpatetik disajikan pada **Tabel 1.1**.

**Tabel 1.1** Fungsi sistem saraf simpatetik dan parasimpatetik.

Saraf Simpatetik	Saraf Parasimpatetik
1. Memperlebar pembuluh darah.	1. Memperkecil pembuluh darah.
2. Mempercepat denyut jantung.	2. Memperlambat denyut jantung.
3. Memperlebar pupil mata.	3. Memperkecil pupil mata.
4. Mempertinggi tekanan darah.	4. Menurunkan tekanan darah.
5. Meningkatkan pernapasan.	5. Mengurangi pernapasan.
6. Meningkatkan kadar gula dalam darah.	6. Mengurangi kadar gula dalam darah.
7. Mengurangkan limpa.	7. Mengembangkan limpa.

### c. Gerak Sadar dan Gerak Refleks

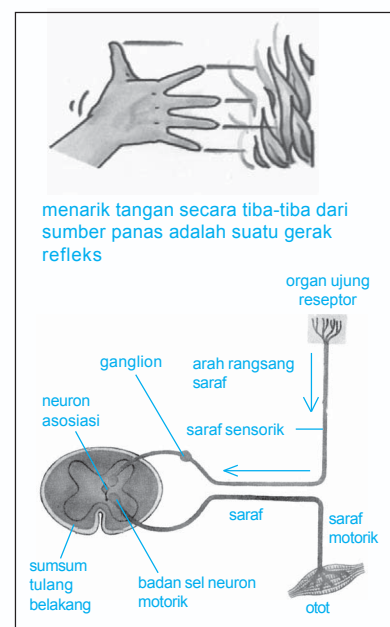
Aktivitas sehari-hari seperti makan, lari, dan melompat merupakan *gerak sadar*, artinya gerakan yang dikontrol oleh pusat kesadaran. Pada gerak itu, otakmu memberi perintah kepada otot-otot untuk melakukan gerakan tersebut. Jalannya impuls pada gerak sadar adalah sebagai berikut.

impuls dari reseptor → neuron sensorik → pusat saraf (otak) → respon efektor → neuron motorik → efektor (gerak anggota tubuh)

Selain gerak sadar, kamu juga dapat melakukan gerakan spontan tanpa disadari yang disebut *gerak refleks*. Contohnya bila tanganmu menyentuh benda panas tanpa sengaja, maka secara spontan kamu akan menarik tangan menjauhi benda panas itu. Perhatikan jalannya impuls pada gerak refleks berikut ini.

impuls dari reseptor → neuron sensorik → sumsum tulang belakang → respon efektor → neuron motorik → efektor

Impuls yang menyebabkan gerakan tersebut dibawa oleh sel saraf sistem eferen somatik dan suatu jalur rangsangan pendek yang disebut *lengkung refleks*. Perhatikan contoh pada **Gambar 1.20**. Gerak refleks dibedakan menjadi dua yaitu refleks kranial dan refleks spinal. Pada refleks kranial (yang terjadi di kepala, misalnya bersin), jalur ini hanya melibatkan sebagian kecil dari otak. Namun pada refleks spinal (yang terjadi di bagian tubuh lainnya), hanya sumsum tulang belakang yang terlibat secara aktif, sedangkan otak tidak terlibat. Jalan impuls pada gerak refleks di atas melibatkan lengkung refleks spinal.



**Gambar 1.20** Lengkung refleks sederhana.

Sumber: Kamus Sains



Untuk mengamati gerak refleks, lakukan **Kegiatan 1.3** berikut ini.

### Kegiatan 1.3

#### Gerak Refleks

##### Tujuan

Mengamati terjadinya gerak refleks.

##### Alat dan bahan

1. Sebatang kayu
2. Siswa peraga

##### Langkah kerja

1. Mintalah satu orang dari kelompokmu untuk duduk dengan santai dan kedua matanya ditutup dengan kain.
2. Pilihlah bagian tubuh temanmu yang mengandung tendon atau urat, kemudian pukullah dengan sebatang kayu (jangan terlalu keras) tepat mengenai tendon tersebut.
3. Perhatikan gerakan yang terjadi pada tubuh temanmu akibat bagian tendonnya dipukul.
4. Ulangi kegiatan ini pada temanmu yang lain dan pada bagian tendon yang lain pula.

##### Pertanyaan

1. Apa yang terjadi pada bagian tubuh temanmu yang dipukul?
2. Bagaimana skematis jalannya gerak refleks tersebut?
3. Buatlah kesimpulanmu dari kegiatan di atas.

## 2. Kelainan pada Sistem Saraf

Sistem saraf dapat mengalami gangguan atau kelainan. Beberapa contoh gangguan pada sistem saraf manusia adalah sebagai berikut.

- a. *Epilepsi*, merupakan kelainan pada sel-sel saraf di otak sehingga penderita tidak dapat merespon berbagai rangsangan. Otot-otot rangka penderita sering berkontraksi secara tidak terkontrol. Epilepsi dapat disebabkan karena cacat sejak kelahiran, kelainan metabolisme, infeksi, adanya racun yang merusak sel-sel saraf, kecelakaan pada kepala, dan tumor.
- b. *Neuritis*, adalah luka pada neuron atau sel-sel saraf. Disebabkan oleh infeksi, kekurangan vitamin, karena pengaruh obat-obatan dan racun.
- c. *Amnesia*, atau penyakit lupa, yaitu sulit mengingat kejadian-kejadian yang telah berlalu. Amnesia dapat disebabkan karena guncangan batin atau cedera pada otak.
- d. *Strok*, adalah kerusakan otak akibat pecah, penyempitan, atau tersumbatnya pembuluh darah di otak. Strok sering terjadi pada orang yang menderita tekanan darah tinggi.

## Tugas 1.2

Berdiskusilah dengan kelompokmu untuk menemukan persamaan dan perbedaan sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

### 3. Alat Indra

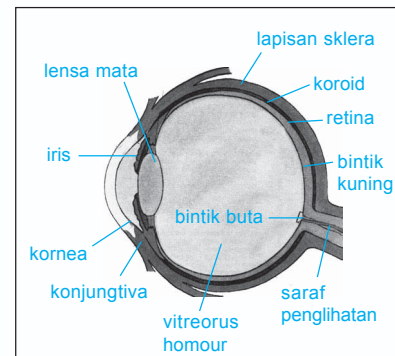
Tubuh manusia mempunyai indera yang berfungsi sebagai reseptor atau penerima rangsangan dari lingkungan sekitar. Manusia mempunyai dari lima macam indera (panca indera) yaitu indera penglihatan (mata), indera pendengaran dan keseimbangan (telinga), indera penciuman/pembau (hidung), indera pengecap (lidah), serta indera peraba dan perasa (kulit).

#### a. Indera Penglihatan (Mata)

Indera penglihatan pada manusia berupa mata. Bagian luar mata terdiri dari alis, kelopak mata, bulu mata, dan kelenjar air mata. *Alis* tersusun dari rambut kasar yang terletak melintang di atas mata. Fungsinya adalah untuk melindungi mata dari cahaya dan keringat. *Kelopak mata* terdiri dari kelopak atas dan bawah. Kelopak mata atas lebih banyak bergerak daripada kelopak mata yang bawah. Fungsinya untuk menjaga mata dari debu, sinar, dan melindungi mata agar tidak mengalami kekeringan. *Bulu mata* merupakan barisan rambut terletak tepat di depan mata. Fungsi untuk menjaga agar debu dan kotoran tidak masuk ke mata dan menghindari dari cahaya yang menyilaukan. *Kelenjar air mata* terletak di sebelah dalam kelopak mata atas. Kelenjar ini menghasilkan air mata yang berfungsi untuk membasahi mata, sehingga permukaannya tidak kering.

Bagian dalam mata terdiri dari otot, dinding bola mata, dan lensa mata. Perhatikan **Gambar 1.21**.

- 1) Otot penggerak mata, terdiri dari tiga pasang otot, yaitu otot penggerak atas, samping, dan bawah. Selain itu terdapat otot pemutar atas dan bawah, yang berfungsi menggerakkan bola mata ke segala arah. Apabila salah satu otot penggerak bola mata tidak berfungsi akan menyebabkan juling.
- 2) Dinding bola mata, terdiri dari tiga lapisan.
  - a) Lapisan luar (*sklera*), berada di bagian belakang yang berwarna agak gelap dinamakan selaput tanduk. Sklera bagian depan bening dan tembus cahaya dinamakan *kornea*. Kornea ini bertugas untuk mengatur cahaya yang masuk ke dalam mata.
  - b) Lapisan tengah (*koroid*/selaput jala), banyak mengandung pembuluh darah. Pada bagian depan terdapat selaput pelangi atau iris yang akan menentukan warna mata seseorang. Bagian tengah iris berlubang yang disebut pupil, fungsinya untuk mengatur banyak sedikitnya cahaya yang masuk.



**Gambar 1.21** Struktur mata manusia.

Sumber: Kamus Sains



- c) Lapisan dalam mata (*retina*). Pada retina terdapat sel-sel yang peka terhadap cahaya dan mengandung saraf penglihatan. Fungsi retina adalah untuk menangkap bayangan. Bagian yang paling peka terhadap rangsangan cahaya dinamakan *bintik kuning*. Agar bayangan dapat dilihat dengan jelas, maka titik fokus bayangan harus jatuh tepat di bagian bintik kuning.

Pada retina juga terdapat *bintik buta* yang terletak pada tempat membeloknya saraf-saraf penglihatan, sehingga bagian retina ini tidak memiliki sel-sel reseptor cahaya. Karena tidak terdapat sel-sel reseptor, bayangan yang jatuh di bintik buta tidak dapat kamu lihat.

- 3) *Lensa mata*, terletak di belakang selaput pelangi, tepatnya di belakang pupil. Lensa mata dapat mencembung dan mencekung. Jika kamu mengamati benda jauh, maka lensa mata akan mencekung. Sebaliknya jika kamu mengamati benda yang dekat, maka lensa mata akan mencembung. Kemampuan lensa mata untuk mencembung dan mencekung disebut *daya akomodasi*.

Kemampuan penglihatan mata mempunyai keterbatasan. Untuk mengetahui kemampuan penglihatan mata kanan dan kiri, lakukan **Kegiatan 1.4** berikut ini.

## Kegiatan 1.4

### Kemampuan Penglihatan Mata

#### Tujuan

Untuk mengetahui kemampuan penglihatan mata kanan dan kiri.

#### Alat dan bahan

1. Karton yang bertuliskan huruf besar dari ukuran besar hingga kecil. Ukuran huruf seperti yang digunakan pada tes mata di optik.
2. Kain penutup mata.

#### Cara kerja

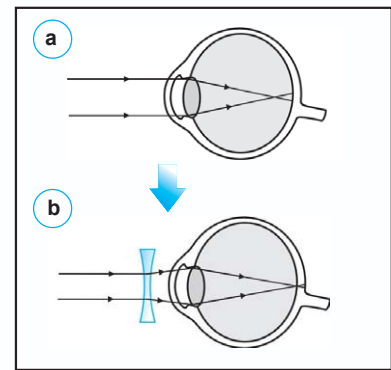
1. Tempatkan karton pada jarak 1,5 meter, lalu tutup mata kanan dengan kain.
2. Amatilah huruf pada karton. Pengamat memberikan aba-aba untuk menunjuk huruf mana yang dibaca. Demikian seterusnya hingga pada huruf yang paling kecil.
3. Catat huruf mana yang sulit terbaca.
4. Lakukan hal yang sama pada mata kanan dan mata kiri ditutup.
5. Setelah selesai, lakukan pengamatan dengan kedua mata tidak ditutup.
6. Identifikasilah mata mana yang lebih jelas melihat huruf tersebut.
7. Ulangi secara bergantian dengan temanmu yang lain.

#### Pertanyaan

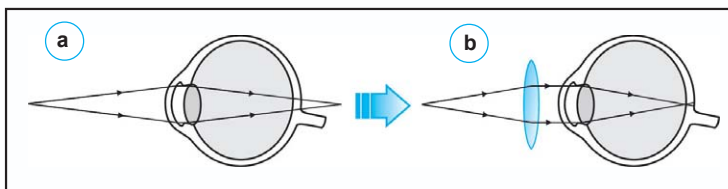
Adakah di antara teman-temanmu yang tidak jelas membaca huruf pada karton? Apa penyebabnya? Apakah ada kaitannya dengan bintik buta?

Mata dapat mengalami gangguan atau kelainan. Di antaranya adalah sebagai berikut.

- 1) Rabun jauh (*miopi*), adalah kelainan mata sehingga penderita tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya jauh. Hal ini disebabkan karena lensa mata terlalu menebal, sehingga bayangan jatuh di depan retina. Miopi dapat dibantu dengan kacamata berlensa cekung. Perhatikan **Gambar 1.22**.
- 2) Rabun dekat (*hipermetropi*), adalah kelainan mata sehingga penderita tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang jaraknya dekat dengan mata. Disebabkan karena lensa mata terlalu memipih sehingga bayangan benda jatuh di belakang retina. Rabun dekat dapat dibantu dengan menggunakan kacamata berlensa cembung. Perhatikan **Gambar 1.23** berikut ini.



**Gambar 1.22** (a) Pada penderita rabun jauh, bayangan jatuh di depan retina. (b) Dengan memakai kacamata berlensa cekung, bayangan dapat jatuh di retina.



**Gambar 1.23** (a) Pada penderita rabun dekat, bayangan jatuh di belakang retina. (b) Dengan memakai kacamata berlensa cembung, bayangan dapat jatuh di retina.

- 3) *Astigmatisme*, yaitu keadaan kelengkungan permukaan kornea atau lensa yang tidak mulus. Akibatnya bila penderita melihat suatu kotak, garis-garis vertikal terlihat kabur dan garis horizontal terlihat jelas atau sebaliknya. Cacat ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa silindris.
- 4) *Presbiopi*, ialah suatu keadaan di mana lensa kehilangan elastisitasnya karena bertambahnya usia. Akibatnya daya akomodasi lensa mata berkurang.
- 5) *Glaukoma*, ialah tekanan di dalam bola mata yang terlalu tinggi. Tekanan normal bola mata adalah 24 mmHg. Glaukoma sering menyerang orang-orang di atas usia 40 tahun. Dalam waktu lama, tekanan yang tinggi ini dapat menekan dan merusak retina sehingga menimbulkan kebutaan.
- 6) *Katarak*, ialah kerusakan pada bagian kornea yang disebabkan oleh proses ketuaan, sinar X, kencing manis, dan pemberian obat-obat tertentu dalam waktu yang lama. Katarak dapat menimbulkan kebutaan tanpa rasa sakit.
- 7) *Buta warna*, merupakan jenis kelainan yang bersifat genetis. Orang yang menderita penyakit ini ada empat macam yaitu buta warna hitam putih (*monokromat*), buta warna merah (*protanopia*), buta warna hijau (*deuteranopia*), dan buta warna biru (*tritanopia*).



## b. Indera Penciuman/Pembau (Hidung)

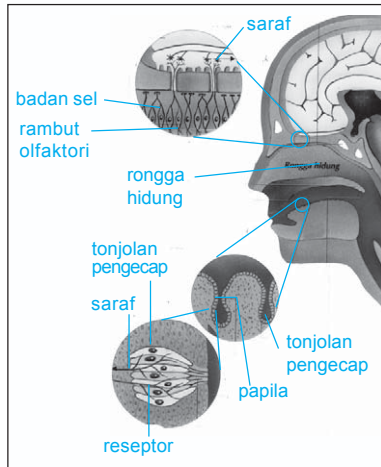
Hidung merupakan indera yang berfungsi untuk mencium/membauai sesuatu. Daerah yang sensitif terhadap bau terletak pada bagian atas rongga hidung (**Gambar 1.24**). Pada daerah sensitif ini terdapat 2 jenis sel sebagai berikut.

- 1) Sel penyokong berupa sel-sel epitel.
- 2) Sel-sel pembau sebagai reseptor yang berupa sel-sel saraf.

Sel-sel pembau mempunyai ujung dendrit berbentuk rambut. Adaptasi terhadap bau-bauan mula-mula berjalan cepat dalam 2 – 3 detik, tetapi kemudian berjalan lebih lambat. Keistimewaan indera pembau manusia adalah dapat membauai sesuatu walau kadarnya di udara sangat sedikit. Beberapa hewan memiliki indera pembau yang lebih sensitif karena mempunyai reseptor pembau lebih banyak.

Indera pembau pada hidung dapat mengalami kelainan. Kelainan-kelainan itu antara lain sebagai berikut.

- 1) *Anosmia*, ialah tidak dapat mencium bau. Dapat disebabkan oleh penyumbatan rongga hidung karena polip atau tumor, atau reseptor pembau rusak karena infeksi virus.
- 2) *Influenza*, karena virus flu yang menyebabkan tersumbatnya rongga hidung sehingga menyebabkan kemampuan membauai dan mengecap berkurang.



**Gambar 1.24** Reseptor bau pada hidung dan reseptor pengecap pada lidah.

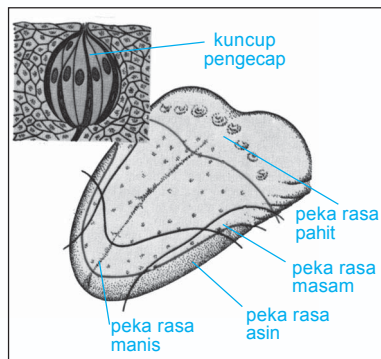
**Sumber:** Kamus Biologi

## c. Indera Pengecap (Lidah)

Indera pengecap pada manusia adalah lidah. Permukaan lidah agak kasar karena memiliki tonjolan-tonjolan yang disebut *papila*. Di dalam *papila* terdapat banyak kuncup-kuncup pengecap (*taste bud*) yaitu suatu bangunan berbentuk bundar yang terdiri dari dua jenis sel yaitu sel-sel penyokong dan sel-sel pengecap yang berfungsi sebagai reseptor.

Setiap bagian lidah mempunyai tingkat sensitivitas terhadap rasa yang berbeda-beda (**Gambar 1.25**). Ujung lidah dapat mengecap keempat rasa utama, tetapi paling sensitif terhadap rasa manis dan asin, bagian samping lidah peka untuk rasa asam, dan bagian pangkal lidah peka terhadap rasa pahit. Adaptasi terhadap suatu rasa mula-mula berjalan cepat dalam 2–3 detik, tetapi adaptasi selanjutnya berjalan lambat.

Sebenarnya hanya terdapat 4 jenis rasa utama yaitu manis, asin, asam, dan pahit. Namun rasa-rasa lain seperti rasa coklat, rasa teh, pedas, dan sebagainya, merupakan campuran dari berbagai rasa dan berkombinasi dengan pembauan/penciuman pada hidung. Oleh karena itu bila kamu sakit pilek (fungsi penciuman terganggu) dapat kehilangan kemampuan mengecap makanan, walaupun sebenarnya kuncup pengecap berfungsi normal.



**Gambar 1.25** Lidah, indera pengecap pada manusia.

**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer

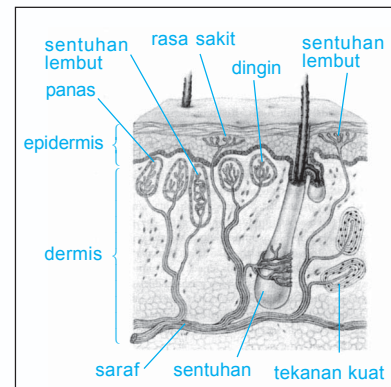
## d. Indera Peraba (Kulit)

Kulit merupakan indera peraba dan perasa pada manusia. Pada awal bab ini kamu telah mempelajari struktur kulit dan hubungannya dengan sistem ekskresi. Selain

menghasilkan keringat, pada bagian dermis terdapat ujung saraf/reseptor peraba. Reseptor peraba peka terhadap sentuhan, tekanan, rasa sakit, panas, dingin, kasar, dan halus. Selain terdapat di daerah dermis, sel-sel peraba juga terdapat pada pangkal rambut. Sehingga bila rambut yang muncul di permukaan kulit tersentuh oleh suatu benda, sel-sel saraf akan terangsang. Perhatikan **Gambar 1.26**.

Kulit merupakan organ tubuh yang paling luas, pada orang dewasa luasnya sekitar  $1,9 \text{ m}^2$ . Meskipun seluruh permukaan kulit mempunyai reseptor peraba, keberadaan ujung-ujung saraf ini tidak merata pada berbagai alat tubuh. Permukaan kulit yang mempunyai banyak ujung-ujung saraf peraba ialah ujung jari telunjuk, telapak tangan, telapak kaki, bibir, dan daerah kemaluan. Oleh karena itu daerah-daerah ini sangat peka terhadap rangsangan berupa sentuhan. Seorang tuna netra memanfaatkan kepekaan indera perabanya untuk membaca *huruf Braille*.

Untuk mengetahui sensitivitas kulit pada berbagai organ tubuh, lakukan **Kegiatan 1.5** berikut ini.



**Gambar 1.26** Reseptor sensoris pada kulit manusia.

Sumber: Biologi

## Kegiatan 1.5

### Sensitivitas Kulit pada Beberapa Organ Tubuh

#### Tujuan

Untuk mengetahui bagian pada kulit yang paling sensitif.

#### Alat dan Bahan

1. Kain penutup mata
2. Kertas dan pensil

#### Cara Kerja

1. Tulislah 4 huruf besar (A, M, Z, dan K) pada kertas dengan ukuran  $1 \times 1 \text{ cm}$ , lalu lubangi 4 huruf itu sesuai dengan garis huruf yang dibuat.
2. Tutup mata kamu dan rabalah dengan ujung jari pada huruf yang berlubang. Tebaklah huruf apa yang kamu raba itu.
3. Ulangi dengan cara meraba dengan daerah pangkal telapak tangan, punggung telapak tangan, ujung jari kaki, dan tumit.
4. Identifikasilah organ mana yang sensitif dalam menebak jenis hurufnya.

#### Pertanyaan

1. Semakin sensitif kulit, semakin tepat menebak jenis huruf. Samakah sensitivitas kulit pada berbagai organ? Mengapa demikian?
2. Saraf apa yang menyebabkan kulit sensitif terhadap perabaan?

Kulit dapat mengalami gangguan dan kelainan. Kelainan-kelainan pada kulit antara lain sebagai berikut.

- 1) *Jerawat (acne)*, ialah suatu peradangan dari kelenjar *sebacea* terutama di daerah wajah, leher, dada, dan punggung. Biasanya jerawat terjadi sewaktu pubertas karena waktu

pubertas terjadi perubahan komposisi hormon. Hormon akan merangsang pertumbuhan dan aktivitas *kelenjar sebacea*. Kelenjar sebacea memproduksi lemak bersama keringat. Lemak merupakan media yang cocok bagi pertumbuhan bakteri.

- 2) *Dermatitis*, ialah suatu peradangan pada permukaan kulit yang biasanya terasa gatal dengan tanda-tanda merah, bengkak, melepuh, dan berair. Ini dapat disebabkan terkena zat kimia (karbol, sabun, cat rambut, dan lain-lain) atau berkaitan dengan kondisi tubuh.

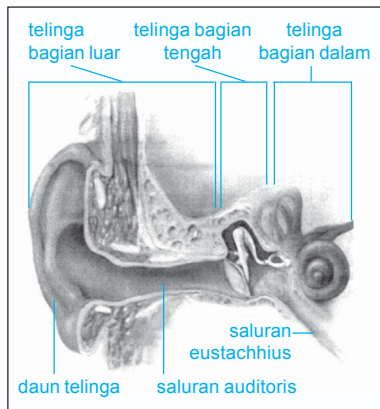
#### e. Indera Pendengaran dan Keseimbangan (Telinga)

Telinga manusia berfungsi sebagai indera pendengaran dan keseimbangan. Seperti pada **Gambar 1.27**, telinga terdiri dari tiga bagian yaitu sebagai berikut.

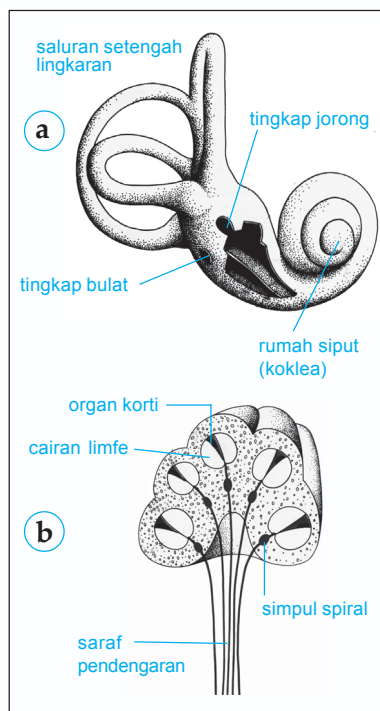
- 1) Telinga luar, terdiri dari daun telinga, saluran telinga, kelenjar minyak, dan selaput gendang telinga. Fungsi telinga luar untuk menangkap suara atau bunyi.
- 2) Telinga tengah (rongga timpani), berupa suatu rongga kecil berisi udara, terletak di dalam tulang dan dindingnya dilapisi sel-sel epitel. Di dalam telinga tengah terdapat tulang-tulang pendengaran yaitu tulang martil, landasan, dan sanggurdi. Telinga tengah berhubungan dengan tenggorokan melalui *saluran estachius*. Fungsi saluran eustachius ini adalah menyeimbangkan tekanan udara telinga tengah dengan tekanan udara luar.
- 3) Telinga dalam, terdiri bagian saluran yang berlekuk-lekuk tersusun atas beberapa bagian yaitu tingkap jorong, tingkap bundar, tiga saluran setengah lingkaran, dan rumah siput (*koklea*) yang di dalamnya terdapat cairan endolimfe. Fungsi telinga dalam untuk menerima rangsangan.

Proses mendengar dapat digambarkan melalui diagram alur sebagai berikut. Gelombang suara menggetarkan udara dan diterima oleh daun telinga, kemudian dipantulkan ke saluran telinga luar. Gelombang suara menggetarkan gendang telinga. Getaran kemudian diteruskan oleh tulang pendengaran ke tingkap jorong, sehingga cairan limfa pada rumah siput bergetar. Getaran ini menyebabkan sel-sel rambut ikut bergetar, akibatnya ujung saraf pendengaran terangsang. Impuls saraf kemudian diteruskan oleh saraf pendengaran ke otak besar. Rangsangan kemudian diterjemahkan sebagai bunyi atau suara.

Selain sebagai indera pendengar, telinga juga berfungsi sebagai indera keseimbangan. Letak indera keseimbangan terdapat di dalam *ampula*, yaitu pangkal dari tiga saluran setengah lingkaran yang menggembung. Di dalam ampula terdapat sel-sel rambut yang peka terhadap gravitasi. Bila kepala menggeleng, arah sel-sel rambut berubah. Perubahan



**Gambar 1.27** Struktur telinga manusia.  
Sumber: Biologi



**Gambar 1.28** (a) Bagian-bagian telinga dalam. (b) Irisan dari rumah siput (*koklea*).  
Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer



ini diterima oleh sel-sel saraf kemudian diteruskan ke otak. Akibatnya kamu akan menyadari setiap posisi kepala dan badan.

Telinga dapat mengalami gangguan pendengaran yang disebut tuli. Ada dua macam tuli yaitu sebagai berikut.

- 1) Tuli konduktif, terjadi karena gangguan transmisi suara ke dalam koklea misalnya kotoran yang menumpuk, nanah yang memenuhi telinga tengah pada peradangan menimbulkan kerusakan pada tulang-tulang pendengaran.
- 2) Tuli saraf, bila terjadi kerusakan koklea atau saraf pendengaran.

### Tugas 1.3

1. Diskusikan dengan temanmu cara untuk mengetahui perbedaan antara buta warna hitam putih, buta warna merah, buta warna hijau, dan buta warna biru. Upaya apa yang dapat dilakukan untuk mencegah buta warna?
2. Bagaimana cara kerja alat bantu dengar? Bilamanakah orang memerlukan alat bantu dengar?

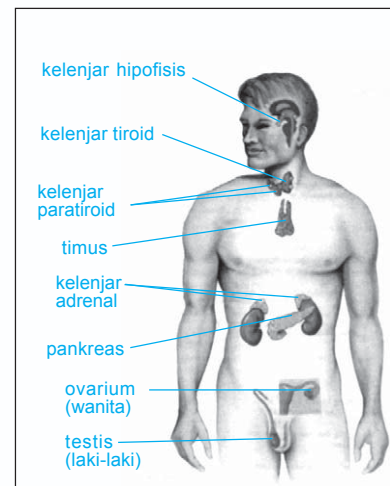
## 4. Sistem Hormon

Hormon dihasilkan oleh kelenjar endokrin. Kelenjar endokrin tidak mempunyai saluran khusus sehingga juga disebut *kelenjar buntu*. Hormon dihasilkan oleh sel-sel kelenjar endokrin bila ada rangsangan saraf yang sesuai. Hormon diproduksi dalam jumlah yang sangat sedikit. Kemudian hormon diangkut oleh darah menuju ke sel, jaringan, atau organ target. Pada organ target, hormon mempengaruhi aktivitas enzim khusus, sehingga dapat mengatur berbagai aktivitas tubuh seperti metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, dan perkembangan. Kelenjar endokrin pada manusia meliputi kelenjar hipofisis, tiroid, paratiroid, kelenjar adrenal, kelenjar kelamin, dan pankreas (kelenjar pulau-pulau langerhans).

### a. Kelenjar Hipofisis

Kelenjar hipofisis terletak di dasar otak, ukurannya sebesar biji ercis. Meskipun ukurannya kecil, kelenjar hipofisis berperan penting dalam sistem koordinasi tubuh. Kelenjar hipofisis mensekresikan berbagai macam hormon yang mengatur berbagai kegiatan dalam tubuh (*master gland*). Beberapa hormon yang dihasilkan hipofisis adalah sebagai berikut.

- 1) Hormon somatotrof, berfungsi untuk mengatur pertumbuhan sel tubuh dan anabolisme protein.
- 2) Hormon perangsang tiroid (*tiroid stimulating hormone/ TSH*), untuk mengatur sekresi hormon tiroksin oleh kelenjar tiroid.
- 3) Hormon adenokortikotropik, untuk mengontrol sekresi beberapa hormon yang dihasilkan oleh korteks adrenal.

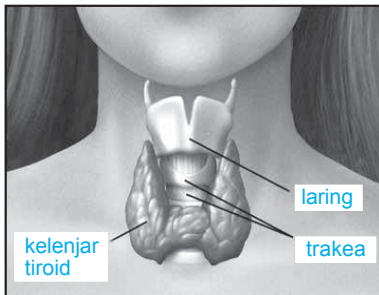


**Gambar 1.29** Sistem endokrin pada manusia.

Sumber: Biologi

- 4) Hormon perangsang folikel (*follicle stimulating hormone/FSH*), untuk merangsang perkembangan folikel dan produksi estrogen pada wanita. Sedangkan pada pria merangsang sel-sel pada testis untuk menghasilkan sperma.
- 5) Hormon prolaktin, untuk membantu kelahiran dan merangsang produksi susu oleh kelenjar susu.
- 6) Hormon antidiuretik (ADH) atau vasopresin, hormon yang dihasilkan dapat menurunkan produksi urin dan meningkatkan tekanan darah

#### b. Kelenjar Tiroid



**Gambar 1.30** Kelenjar tiroid terletak di sekitar laring.

**Sumber:** [www.riversideonline.com](http://www.riversideonline.com)

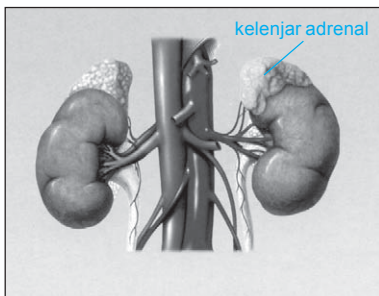
Kelenjar tiroid menghasilkan hormon *tiroksin* yang berfungsi untuk memacu kecepatan reaksi kimia dalam sel tubuh, sehingga meningkatkan metabolisme tubuh. Dalam memproduksi tiroksin, kelenjar tiroid memerlukan iodium. Kekurangan iodium dalam jangka waktu yang lama mengakibatkan pembesaran kelenjar.

Kekurangan produksi hormon tiroksin menyebabkan penyakit *kretinisme* (kerdil pada anak-anak) dan *miksedema* (pada orang dewasa). Miksedema ditandai dengan laju metabolisme rendah, berat badan berlebihan, dan bentuk tubuh menjadi kasar. Kelebihan hormon tiroksin menyebabkan penyakit *basedow*, yang ditandai mudah gugup, nadi dan napas cepat dengan tidak teratur, mulut menganga, dan mata lebar.

#### c. Kelenjar Paratiroid (Kelenjar Anak Gondok)

Kelenjar paratiroid terletak di dekat kelenjar tiroid dan menghasilkan hormon paratiroid (*parathormon*). Parathormon berperan untuk meningkatkan pengeluaran fosfor oleh ginjal dan meningkatkan penyerapan kalsium dari tulang.

#### d. Kelenjar Adrenal



**Gambar 1.31** Kelenjar adrenal terletak di atas ginjal.

**Sumber:** *The Human Body Atlas*

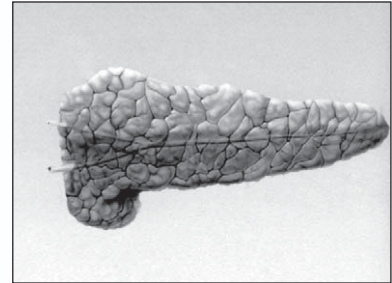
Kelenjar adrenal berupa struktur kecil yang terletak di atas ginjal, sehingga disebut juga *kelenjar anak ginjal (suprarenalis)*. Kelenjar adrenal terdiri dari bagian luar dan bagian dalam. Bagian luar (korteks) menghasilkan hormon *kortison* yang terdiri dari *mineralokortikoid* dan *glukokortikoid*. Mineralokortikoid berfungsi untuk membantu metabolisme garam natrium dan kalium serta menjaga keseimbangan hormon kelamin. Glukokortikoid berfungsi membantu metabolisme karbohidrat. Kekurangan hormon kortison menyebabkan penyakit *adison* yang ditandai dengan kelelahan, nafsu makan berkurang, mual, dan muntah-muntah.

Bagian dalam (medula) menghasilkan hormon *adrenalin (epinefrin)*. Hormon adrenalin memengaruhi peningkatan denyut jantung, kecepatan pernapasan, dan meningkatkan

tekanan darah (menyempitkan pembuluh darah). Adrenalin bersama insulin berpengaruh terhadap perubahan glikogen (gula dalam otot) menjadi glukosa (gula dalam darah).

#### e. Kelenjar Pulau-Pulau Langerhans

Kelenjar pulau-pulau langerhans merupakan sekelompok sel yang terletak di dalam kelenjar pankreas. Hormon yang dihasilkan adalah *insulin* dan *glukagon*. Hormon insulin dan glukagon bekerja sama untuk mengatur kadar glukosa dalam darah. Bila kadar glukosa dalam darah tinggi, insulin disekresikan sehingga glukosa diubah menjadi glikogen. Sebaliknya, jika kadar glukosa dalam darah menurun, glukagon disekresikan yang akan mengubah glikogen menjadi glukosa. Kekurangan hormon insulin akan menyebabkan penyakit diabetes melitus (kencing manis) yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah. Kelebihan glukosa akan dikeluarkan bersama urin. Tanda-tanda diabetes melitus yaitu sering mengeluarkan urin dalam jumlah banyak, sering merasa haus dan lapar, serta badan terasa lemas.



**Gambar 1.32** Kelenjar pulau-pulau langerhans terletak pada pankreas.

**Sumber:** *The Human Body Atlas*

#### f. Kelenjar Kelamin

Kelenjar kelamin terdiri atas *testis* sebagai kelenjar kelamin jantan (pria) dan *ovarium* sebagai kelenjar kelamin betina (wanita). Jadi testis dan ovarium mempunyai kegiatan endokrin selain fungsi utamanya untuk memproduksi sel-sel kelamin.

- 1) Ovarium, menghasilkan hormon *estrogen* dan *progesteron*. Sekresinya diatur oleh hormon yang dihasilkan kelenjar hipofisis. Estrogen berfungsi untuk menimbulkan dan mempertahankan tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita, misalnya perkembangan pinggul, payudara, serta kulit menjadi halus. Progesteron berfungsi untuk mempersiapkan dinding uterus agar dapat menerima ovum yang sudah dibuahi.
- 2) Testis, menghasilkan hormon *testosteron* yang berfungsi merangsang pematangan sperma (spermatogenesis) dan pembentukan tanda-tanda kelamin sekunder pada pria, misalnya pertumbuhan kumis, janggut, bulu dada, jakun, dan membesarnya suara. Sekresi hormon tersebut juga dirangsang oleh hormon yang dihasilkan oleh hipofisis.

### Tugas 1.4

1. Carilah informasi pengaruh hormon estrogen dan progesteron pada proses menstruasi.
2. Jelaskan pengaturan kadar gula dalam darah oleh hormon insulin dan glukagon. Organ apa sajakah yang berperan?



## Rangkuman

- Metabolisme tubuh menghasilkan zat sisa yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Organ tubuh yang mengeluarkan zat sisa disebut organ ekskresi berupa kulit, ginjal, hati, dan paru-paru.
- Kulit mengekskresikan keringat yang mengandung air, lemak, urea, dan garam. Ginjal mengekskresikan urin. Urin dibentuk melalui proses filtrasi pada glomerulus, reabsorpsi pada tubulus ginjal, serta augmentasi. Hati mengekskresikan empedu sebagai hasil perombakan sel-sel darah merah. Paru-paru mengekskresikan karbon dioksida dan uap air.
- Alat ekskresi dapat mengalami gangguan, misalnya ginjal mengalami kencing batu, diabetes melitus, nefritis, dan hematuria.
- Sistem reproduksi laki-laki terdiri dari alat kelamin dalam dan alat kelamin luar. Alat kelamin bagian luar terdiri dari penis dan skrotum. Sedangkan alat kelamin bagian dalam terdiri dari testis, epididimis, vas deferens, prostat, vesika seminalis, dan kelenjar bulbouretral. Skrotum menghasilkan sperma sebagai sel kelamin jantan.
- Sistem reproduksi wanita terdiri dari alat kelamin dalam dan alat kelamin luar. Alat kelamin luar terdiri dari lubang vagina, labia mayora, labia minora, mons pubis dan klitoris. Sedangkan alat kelamin dalam terdiri ovarium, tuba falopii (oviduk), dan uterus (rahim). Ovarium menghasilkan sel telur/ovum sebagai sel kelamin betina.
- Bila terjadi pembuahan sel telur oleh sperma, maka akan terjadi kehamilan. Namun bila tidak, endometrium pada dinding rahim akan meluruh sehingga wanita mengalami menstruasi.
- Sistem reproduksi dapat mengalami gangguan, misalnya terinfeksi penyakit AIDS, sifilis, dan gonore.
- Sistem koordinasi pada manusia terdiri dari sistem saraf, sistem indera, sistem hormon. Sistem saraf terdiri dari sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar. Sistem saraf sadar dibedakan menjadi sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf tak sadar terdiri dari sistem saraf simpatetik dan sistem saraf parasimpatetik.
- Alat indera manusia terdiri dari indera penglihatan (mata), indera pendengaran dan keseimbangan (telinga), indera penciuman/pembau (hidung), indera pengecap (lidah), dan indera peraba dan perasa (kulit).
- Sistem endokrin menghasilkan hormon yang berfungsi untuk mengatur aktivitas tubuh, metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, dan perkembangan. Kelenjar endokrin pada manusia meliputi kelenjar hipofisis, tiroid, paratiroid, adrenal, pankreas, dan kelenjar kelamin.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Sistem Ekskresi, Reproduksi, dan Koordinasi** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab II, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat mendeskripsikan berbagai alat ekskresi manusia dan cara kerjanya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan peranan sistem ekskresi terhadap kesehatan dan gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem ekskresi?

3. Dapatkah kamu menjelaskan sistem reproduksi manusia, baik laki-laki maupun perempuan, cara pembentukan gamet, dan proses terjadinya pembuahan?
4. Apakah kamu dapat menyebutkan gangguan atau kelainan pada sistem reproduksi manusia dan pengaruhnya terhadap kesehatan?
5. Dapatkah kamu menjelaskan sistem koordinasi pada manusia, baik sistem saraf, alat indera, maupun hormon serta cara kerjanya dalam mengkoordinasikan berbagai sistem organ dalam tubuh?
6. Dapatkah kamu menyebutkan gangguan atau kelainan pada sistem koordinasi dan pengaruhnya terhadap kesehatan?

## Latih Kemampuan 1

*Kerjakan di buku tugasmu!*

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Bagian ginjal yang berfungsi untuk menyaring darah adalah ....
  - a. kulit
  - b. medula
  - c. rongga
  - d. ureter
2. Pembuluh darah, kelenjar keringat, kelenjar minyak, kantung rambut, dan indera terdapat pada ....
  - a. epidermis
  - b. dermis
  - c. jaringan bawah kulit
  - d. lapisan tanduk
3. Lemak untuk cadangan makanan dan melindungi tubuh dari panas serta benturan, terdapat pada ....
  - a. jaringan ikat bawah kulit
  - b. kulit ari
  - c. kulit jangat
  - d. lapisan malphigi
4. Salah satu fungsi kulit sebagai alat ekskresi yaitu ....
  - a. mengeluarkan keringat
  - b. mengeluarkan minyak
  - c. pengatur suhu tubuh
  - d. tempat pembentukan vitamin D
5. Paru-paru selain untuk alat pernapasan juga termasuk alat ekskresi karena ....
  - a. mengambil oksigen
  - b. mengambil udara
  - c. mengeluarkan karbon dioksida dan air
  - d. mengeluarkan zat tambahan
6. Alat reproduksi pada wanita terdiri dari....
  - a. ovarium , uterus, vagina, vas deferens
  - b. testis vas deferens, vagina, ovarium
  - c. ovarium, oviduk, vagina, rahim
  - d. testis, ovarium, oviduk
7. Bersatunya sel telur dengan sel sperma disebut ....
  - a. kopulasi
  - b. nidasi
  - c. fertilisasi
  - d. konjugasi
8. Tempat pembentukan sperma pada vertebrata adalah ....
  - a. testis
  - b. ovarium
  - c. vas deferens
  - d. kloaka
9. Pembuahan biasanya berlangsung pada ....
  - a. rahim
  - b. uterus
  - c. oviduk
  - d. ovarium
10. Penyakit berikut berkaitan dengan sistem reproduksi, *kecuali* ....
  - a. AIDS
  - b. sifillis
  - c. demam berdarah
  - d. gonorea
11. Sel saraf yang berfungsi menerima rangsang dari reseptor (*indera*) dan membawanya ke otak atau sumsum tulang belakang ialah sel saraf ....
  - a. motorik
  - b. sensorik
  - c. perantara
  - d. asosiasi

12. Bagian otak yang berfungsi sebagai tempat berpikir dan pusat ingatan adalah ....
- sumsum tulang belakang
  - otak kanan
  - otak besar
  - otak kecil
13. Bagian mata yang berfungsi dalam memberikan warna pada mata ialah ....
- iris
  - pupil
  - retina
  - sklera
14. Koklea pada telinga juga dikenal dengan nama ....
- tingkap jorong
  - rumah siput
  - tulang landasan
  - tulang martil
15. Hormon yang berperan untuk mengatur jumlah urin yang dihasilkan adalah ....
- tiroksin
  - parathormon
  - ADH
  - ACTH

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

- Jelaskan tahap-tahap pembentukan urin.
- Jelaskan proses keluarnya keringat.
- Bagaimana cara penularan penyakit AIDS?
- Jelaskan proses melihat pada indera penglihatan.
- Mengapa rasa makanan menjadi tidak enak kalau kamu terserang penyakit flu atau influenza?

### Wacana Sains

#### Bahaya Rokok Mentol

Mungkin kamu telah memahami bahwa rokok dapat menyebabkan berbagai penyakit paru-paru, memicu terjadinya kanker, dapat mengganggu janin dalam kandungan, dan berbagai akibat buruk yang lain. Berhenti merokok adalah satu-satunya langkah untuk menghindari sederet akibat buruk dari kebiasaan merokok. Namun ternyata tidak mudah menghilangkan kebiasaan merokok, terutama pada pecandu rokok. Oleh karena itu produsen rokok menawarkan berbagai variasi produk rokok, seperti rokok mild, slim, maupun mint/mentol. Rokok-rokok ini diklaim memiliki kandungan tar dan nikotin yang lebih rendah.

Penelitian *Archives of International Medicine* yang dipimpin oleh **Dr. Mark Pletcher** dari Universitas California, San Francisco, Amerika Serikat menemukan bahwa kecanduan rokok mentol ternyata lebih berat dibandingkan kecanduan rokok biasa. Tim peneliti yang mengamati ribuan responden selama lebih dari 15 tahun itu mengungkapkan hal-hal yang menarik. Responden yang tercatat mengisap rokok mentol sejak tahun 1985 dan masih merokok hingga tahun 2000 mencapai 69%. Sedangkan pecandu rokok biasa dalam periode waktu yang sama hanya tercatat 54%.

Menurut Pletcher, riset membuktikan bahwa mentol menghalangi metabolisme nikotin, sehingga nikotin dapat bertahan lebih lama di paru-paru. Pletcher berpendapat bahwa mengisap rokok mentol dapat memperoleh kenikmatan yang lebih besar dibandingkan mengisap rokok biasa. Memang minyak *mint*, bahan baku mentol tidak membuat rokok lebih berbahaya, tetapi bila masa kecanduan lebih panjang, maka dampak buruk bagi tubuh pun semakin tinggi. Jadi, rokok mentol dan nonmentol sebenarnya sama-sama berbahaya. Dan yang terbaik adalah menghentikan kebiasaan merokok sekarang juga.

Sumber: *Tempo*, 2 – 8 Oktober 2006



## Bab II

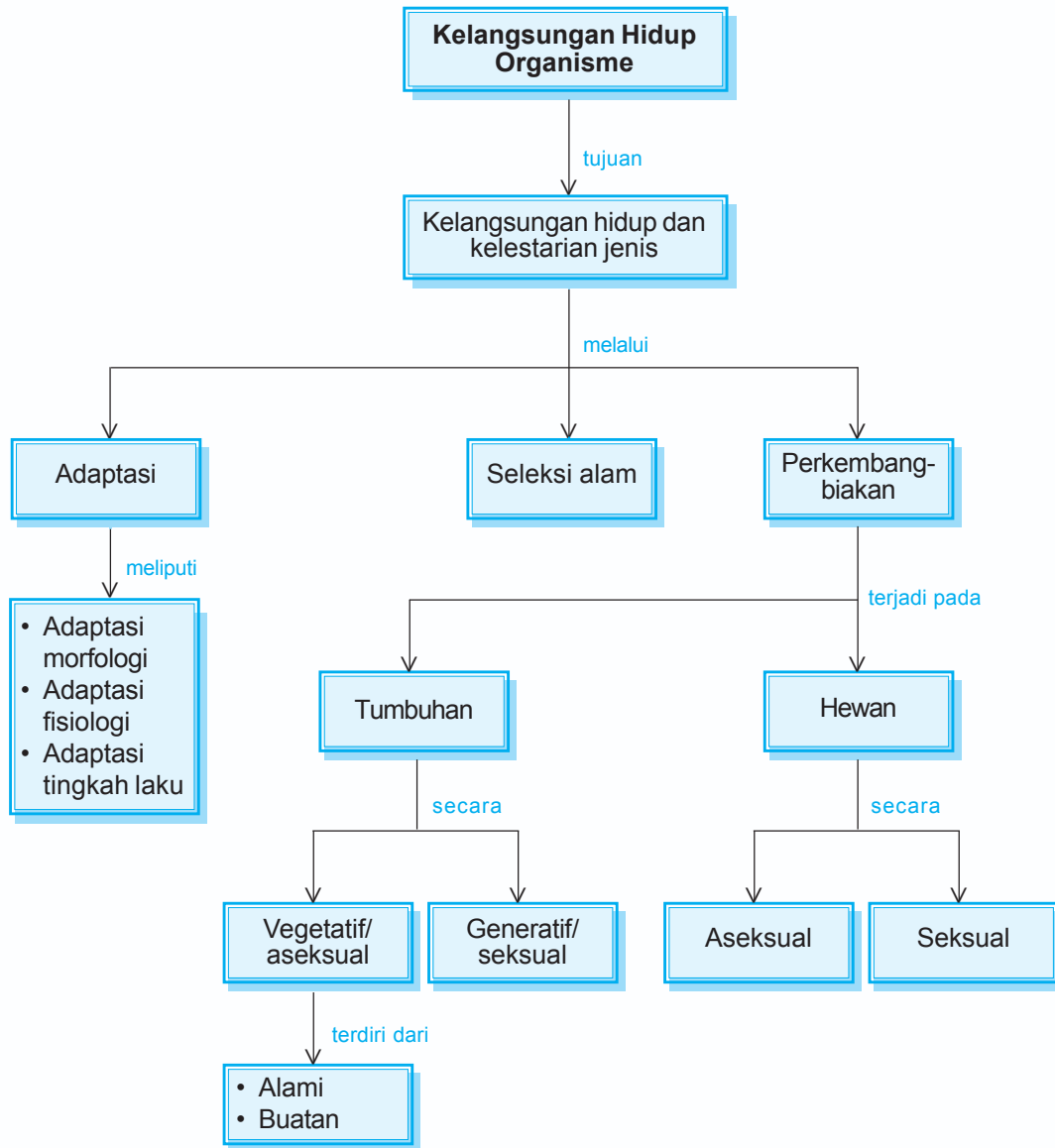
# Kelangsungan Hidup Organisme



Setiap makhluk hidup harus dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Jika tidak, maka kelangsungan hidup makhluk hidup itu akan terhenti dan menjadi punah. Mungkin kamu sering mendengar berbagai jenis hewan dan tumbuhan yang terancam punah. Mengapa suatu jenis hewan dan tumbuhan dapat menjadi punah? Apa yang dilakukan makhluk hidup untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya? Faktor-faktor apa yang menyebabkan organisme dapat bertahan hidup?

Pada bab ini kamu akan mempelajari proses kelangsungan hidup organisme yaitu melalui adaptasi, seleksi alam, dan perkembangbiakan.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- adaptasi
- seleksi alam
- aseksual
- seksual
- gamet
- pembuahan

Setiap jenis makhluk hidup dapat lestari jenisnya sampai saat ini karena berasal dari makhluk hidup sebelumnya yang sejenis dapat bereproduksi dan beradaptasi dengan lingkungan. Jika makhluk yang hidup pada zaman dulu tidak mampu bertahan dalam kelangsungan hidupnya, maka jenis makhluk hidup itu akan punah seperti dinosaurus. Kelangsungan hidup organisme dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi terhadap lingkungan, seleksi alam, dan perkembangbiakan.



## A Adaptasi Organisme Terhadap Lingkungan

Lingkungan merupakan kumpulan komponen abiotik dan biotik di luar suatu organisme yang mempengaruhi kehidupan organisme tersebut. Lingkungan meliputi lingkungan perairan (*hidrosfer*), daratan (*litosfer*), dan udara (*atmosfer*). Lingkungan tempat hidup suatu organisme disebut habitat. Setiap organisme memiliki habitat yang khas. Ikan mas, mujair, dan lele memiliki habitat di air tawar seperti kolam atau sungai. Tumbuhan kaktus dan kurma memiliki habitat di tanah yang sedikit air seperti gurun pasir. Lingkungan senantiasa berubah karena pengaruh suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan air. Perubahan lingkungan akan mengubah sifat habitat. Perubahan sifat habitat mempengaruhi kondisi organisme. Contohnya jika kamu sering berada di tempat yang suhunya panas dan kemudian berada di tempat yang dingin, maka perilaku dan kebiasaanmu berubah untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan.

Oleh karena itu setiap organisme harus mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan atau beradaptasi. Kemampuan beradaptasi sangat diperlukan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Bila suatu jenis organisme tidak mampu beradaptasi, maka jenis organisme itu akan punah. Contohnya adalah dinosaurus yang telah punah karena tidak dapat menyesuaikan dengan perubahan lingkungan di bumi. Untuk mengamati adaptasi kecambah terhadap berbagai kondisi lingkungan, kamu dapat mencoba melakukan **Kegiatan 2.1** berikut ini.



**Gambar 2.1** Akibat tidak bisa beradaptasi maka dinosaurus punah.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

### Kegiatan 2.1

#### Adaptasi Kecambah pada Lingkungan yang Berbeda

##### Tujuan

Mengamati adaptasi kecambah pada lingkungan yang berbeda-beda.

##### Alat dan Bahan

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. 3 buah cangkir kertas 150 ml | 5. Biji lobak atau biji tumbuhan lain yang mudah berkecambah |
| 2. Kertas label                 | 6. Piring/cawan  |
| 3. Air mineral                  | 7. Spidol dan Pensil   |
| 4. Tanah                        |  |



### Langkah Kerja

1. Siapkan 3 buah cangkir kertas dan berilah label bertuliskan *kering*, *lembap*, dan *basah*. Kemudian isilah dengan tanah sampai terisi setengahnya.
2. Taburkan 5 butir biji di atas permukaan tanah pada setiap cangkir, kemudian tutuplah dengan tanah setebal 2 cm.
3. Pada gelas berlabel *basah*, tambahkan air suling sampai di atas permukaan tanah.
4. Pada gelas berlabel *lembap*, buatlah beberapa lubang pada dasar cangkir dengan ujung pensil. Kemudian tambahkan air suling sampai ada air yang mengalir melalui lubang.
5. Letakkan ketiga cangkir di tempat yang hangat selama 7 – 10 hari dan amati keadaan kecambah setiap hari. Aturilah agar tanah di dalam gelas berlabel *basah* tetap basah dan air dalam piring di dasar gelas berlabel *lembap* selalu tersedia.
6. Amatilah perkembangan kecambah setiap hari.

### Pertanyaan

1. Adakah perbedaan pertumbuhan dan bentuk kecambah pada ketiga cangkir di atas? Faktor lingkungan apakah yang mempengaruhinya? Mengapa demikian?
2. Buatlah kesimpulan dari kegiatan di atas.

Adaptasi adalah kemampuan organisme untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan sehingga mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya. Semakin tinggi kemampuan adaptasi suatu jenis organisme, maka semakin besar pula kemungkinan kelangsungan hidup jenis organisme tersebut. Ada tiga cara adaptasi, yaitu adaptasi morfologi, adaptasi fisiologi, dan adaptasi tingkah laku.

## 1. Adaptasi Morfologi

Adaptasi morfologi adalah penyesuaian bentuk dan struktur tubuh suatu organisme terhadap lingkungannya. Tumbuhan dan hewan mengembangkan adaptasi morfologi yang berbeda untuk menyesuaikan dengan keadaan lingkungan.

### a. Adaptasi Morfologi pada Tumbuhan

Tumbuhan tidak dapat berpindah-pindah, sehingga mengembangkan bentuk yang paling efisien untuk memenuhi kebutuhan dan mempertahankan hidup. Contohnya tumbuhan yang ada di dalam hutan biasanya tinggi, cabang dan daun mengarah ke atas untuk mendapat sinar matahari. Sedangkan tumbuhan di tepi hutan biasanya pohonnya lebih rendah, cabang dan daun mengarah ke samping untuk mendapatkan cahaya matahari. Ciri khas tumbuhan di dalam hutan dan di tepi hutan itu menggambarkan kemampuan tumbuhan beradaptasi di habitatnya. Berikut ini beberapa cara adaptasi tumbuhan dalam mempertahankan kelangsungan hidupnya.

#### 1) Tumbuhan Xerofit

Tumbuhan xerofit memiliki struktur fisik yang sesuai untuk bertahan hidup pada suhu yang ekstrim panas dan kekurangan air. Contohnya adalah kaktus dan sukulen. Kaktus dapat bertahan hidup dalam kondisi kering.



**Gambar 2.2** Kaktus merupakan salah satu tumbuhan yang dapat bertahan hidup di suhu yang panas.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

Bentuk adaptasinya yaitu daun tidak berbentuk lembaran sebagaimana tumbuhan lainnya, tetapi mengalami modifikasi menjadi duri atau sisik. Kaktus mampu menyimpan air pada batangnya. Seluruh permukaannya dilapisi oleh lilin untuk mengurangi penguapan. Sistem perakarannya panjang untuk mencapai tempat yang jauh yang mengandung air.

## 2) Tumbuhan Hidrofit

Tumbuhan hidrofit adalah tumbuhan yang hidup di air. Adaptasi morfologi yang dilakukan antara lain memiliki rongga udara di antara sel-sel tubuhnya sehingga dapat mengapung. Daunnya lebar dan stomata terletak di permukaan atas. Contoh tumbuhan hidrofit adalah kangkung, eceng gondok, dan teratai.

## 3) Tumbuhan Higrofit

Tumbuhan higrofit adalah tumbuhan yang hidup di lingkungan lembab dan basah. Adaptasinya yaitu mempunyai daun yang tipis dan lebar.

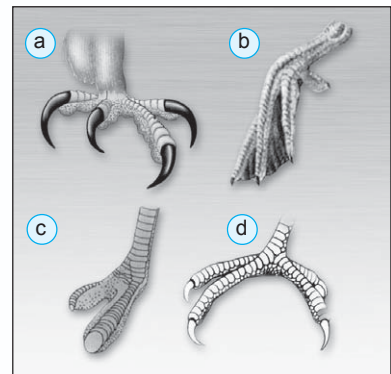


**Gambar 2.3** Daun teratai yang lebar merupakan adaptasi pada lingkungan air.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

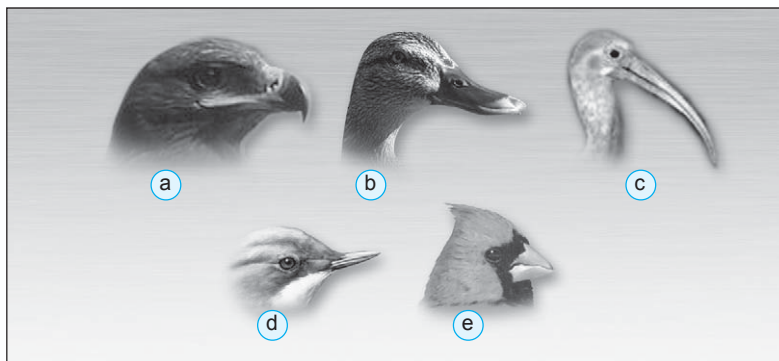
## b. Adaptasi Morfologi pada Hewan

Meskipun hewan dapat bergerak bebas, hewan juga melakukan beragam adaptasi morfologi untuk menyesuaikan dengan tempat hidup dan jenis makanannya. Adaptasi morfologi berupa penyesuaian tubuh hewan seperti ukuran dan bentuk gigi, penutup tubuh, dan alat gerak hewan. Gigi disesuaikan dengan jenis makanannya, sehingga gigi hewan pemakan daging berbeda dengan hewan pemakan tumbuhan. Penutup tubuh seperti rambut, duri, sisik, dan bulu yang tumbuh dari kulit disesuaikan dengan kondisi lingkungannya sehingga dapat membantu hewan untuk tetap bertahan hidup. Contoh yang lain adalah variasi tulang belakang dan sirip pada ikan pari disebabkan perbedaan suhu saat pertumbuhannya, jenis kelamin kura-kura ditentukan oleh variasi temperatur saat inkubasi (pengeraman), serta bentuk paruh dan kaki burung bervariasi sesuai dengan jenis makanan dan habitatnya. Perhatikan bentuk paruh dan kaki burung pada gambar berikut ini.



**Gambar 2.4** Bentuk kaki burung sesuai dengan fungsinya: (a) mencengkeram (elang), (b) berenang (itik), (c) berlari dan berjalan (onta), (d) bertengger (kakatua).

**Sumber:** Dokumen Penerbit



**Gambar 2.5** Bentuk paruh pada burung: (a) elang untuk merobek mangsa, (b) itik untuk menyaring makanan, (c) pelikan untuk menangkap dan membawa ikan, (d) kolibri untuk mengisap madu, dan (e) pipit untuk memakan biji-bijian.

**Sumber:** Dokumen Penerbit





**Gambar 2.6** Ikan di laut harus banyak minum untuk menyeimbangkan tubuhnya terhadap kadar garam di laut.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

## 2. Adaptasi Fisiologi

Adaptasi fisiologi adalah adaptasi pada fungsi kerja alat-alat tubuh untuk menyesuaikan dengan keadaan lingkungan. Contohnya jumlah denyut jantung per menit akan meningkat saat kamu berlari. Contoh adaptasi fisiologi yang lain adalah sebagai berikut.

- Saat udara dingin, hewan berdarah panas akan meningkatkan proses metabolismenya sehingga suhu badan tetap tinggi. Hal ini akan membuatnya sering merasa lapar.
- Jumlah sel darah merah orang yang hidup di daerah pantai lebih sedikit dibandingkan orang yang tinggal di daerah pegunungan. Hal ini disebabkan karena tekanan parsial oksigen di daerah pantai lebih besar dibandingkan daerah pegunungan. Jika tekanan parsial oksigen rendah, maka dibutuhkan lebih banyak sel darah merah untuk mengikat oksigen. Tahukah kamu yang dimaksud *tekanan parsial oksigen*? Tekanan parsial oksigen adalah perbandingan kadar oksigen di udara dibandingkan dengan kadar gas lain di udara.
- Kekebalan serangga terhadap insektisida akan meningkat (menjadi kebal) karena penggunaan insektisida secara terus-menerus.
- Ikan yang hidup di laut lebih sedikit mengeluarkan urin dibandingkan dengan ikan yang hidup di air tawar. Air laut lebih banyak mengandung garam. Kadar garam yang tinggi juga menyebabkan cairan tubuh keluar terus menerus. Garam juga masuk ke dalam tubuh dan harus dikeluarkan. Untuk menyesuaikan diri, ikan banyak meminum air laut dan sedikit mengeluarkan urin. Coba bandingkan apabila kamu makan makanan yang asin, tentu kamu mudah merasa haus dan ingin minum banyak air.

## 3. Adaptasi Tingkah Laku

Adaptasi tingkah laku merupakan aktivitas atau tingkah laku hewan yang menyesuaikan dengan kondisi lingkungan untuk membantunya bertahan hidup. Adaptasi tingkah laku dapat berupa hasil belajar maupun insting/naluri sejak lahir. Terdapat dua macam tingkah laku, yaitu sebagai berikut.

- Tingkah laku sosial, untuk hewan yang hidup berkelompok.
- Tingkah laku untuk perlindungan. Contohnya babi hutan akan menggali lubang persembunyian dengan kukunya ketika melihat singa, trenggiling akan menggulung tubuhnya bila bertemu musuh. Contoh lain adalah *kamuflase*, misalnya pada bunglon dan gurita.

*Mimikri* adalah kemampuan untuk meniru bentuk, suara, dan tingkah laku seperti hewan lain sehingga akan dikira predator atau hewan yang beracun atau berbahaya. Migrasi juga merupakan bentuk adaptasi tingkah laku dengan cara bergerak dari satu kawasan ke kawasan lain dan kemudian kembali lagi. Hewan bermigrasi dengan berbagai alasan antara lain memperoleh iklim yang baik, makanan yang cukup, tempat yang lebih aman, dan kepentingan perkembangbiakan.



**Gambar 2.7** Bunglon dapat berubah warna kulit sesuai warna lingkungannya.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



Hewan yang hidup di daerah kutub atau daerah yang mengalami pergantian empat musim yang perbedaan suhunya ekstrim, biasanya melakukan hibernasi. *Hibernasi* adalah tidur dalam jangka waktu yang lama ketika suhu lingkungan rendah. Aktivitas tubuh seperti denyut jantung dan napas sangat pelan sehingga hanya memerlukan energi/makanan yang sedikit. Contohnya kelelawar, ular, dan beruang kutub. Selama hibernasi hewan menggunakan lemak dalam tubuh sebagai sumber energi.



**Gambar 2.8** Pada musim dingin beruang melakukan hibernasi.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

### Latihan 2.1

1. Tikus merupakan hewan yang mampu bertahan hidup di berbagai lingkungan. Diskusikan dengan temanmu bagaimana tikus beradaptasi dengan lingkungannya. Usaha apa yang dapat dilakukan untuk memberantas tikus berkaitan dengan kemampuan itu?
2. Bagaimanakah cumi-cumi beradaptasi dengan kehadiran predator?



## B Seleksi Alam

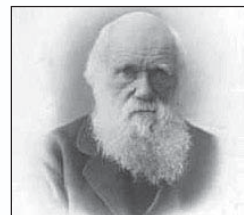
Kondisi lingkungan selalu berubah, misalnya karena bencana alam, perubahan iklim, maupun akibat perbuatan manusia. Hanya organisme yang dapat bertahan terhadap perubahan lingkungan yang akan tetap lestari. Sedangkan organisme yang tidak mampu bertahan akan punah. Alam melakukan seleksi terhadap jenis-jenis organisme yang hidup. Artinya alam tidak memberi kesempatan kepada organisme yang tidak mampu beradaptasi untuk terus bertahan hidup.

Kelangsungan hidup organisme dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, tempat hidup dan berlindung, oksigen, cahaya, dan air. Selain faktor lingkungan, persaingan untuk memenuhi kebutuhan hidup juga mempengaruhi kelangsungan hidup suatu organisme. Jadi *seleksi alam* adalah proses kelulus-hidupan suatu organisme terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di alam.

Organisme yang tidak dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan akan mencari lingkungan baru yang dianggap sesuai dengan sifat-sifatnya. Organisme yang dapat beradaptasi terhadap lingkungan yang baru akan bertahan hidup. Jika perubahan sifat sangat mencolok, adaptasi ini dapat menghasilkan jenis/spesies yang baru. Jadi adaptasi dan seleksi alam dapat menghasilkan jenis-jenis yang baru. Sedangkan organisme yang tidak mampu menyesuaikan diri dengan perubahan alam, akan mengalami kepunahan.

### Tokoh Sains

**Charles Darwin**



Charles Darwin (1809-1882), adalah seorang ilmuwan Inggris yang meletakkan dasar teori evolusi modern. Dia beranggapan bahwa makhluk hidup yang ada saat ini berasal dari makhluk hidup pada masa lampau melalui proses seleksi alam. Makhluk hidup yang dapat beradaptasi terhadap perubahan alam akan tetap lestari, sedangkan yang tidak mampu akan punah. Teori evolusi Darwin banyak ditentang para ilmuwan karena tidak dapat memberikan cukup bukti. Meskipun demikian penemuannya memberi pengaruh besar terhadap kehidupan, ilmu pengetahuan tentang bumi, dan pemikiran modern.

**Sumber:** Microsoft Encarta



**Gambar 2.9** Badak bercula satu dilindungi di Taman Nasional Ujung Kulon.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Saat ini, tingkah laku manusia banyak mempengaruhi proses seleksi alam. Perburuan liar, penangkapan, perusakan habitat, pencemaran lingkungan dapat mempercepat laju seleksi yang tidak alami. Akibat rusaknya habitat, banyak hewan liar yang harus bermigrasi ke daerah yang kurang sesuai dengan lingkungan alaminya. Mereka harus berjalan berkilo-kilometer untuk memperoleh makanan yang cukup.

Di Indonesia, terdapat banyak tumbuhan dan hewan yang hampir punah. Contohnya adalah harimau jawa, badak bercula satu, badak bercula dua, dan burung jalak bali. Hewan yang hampir punah tersebut disebabkan karena kerusakan habitat oleh manusia, perburuan liar, kemampuan adaptasinya rendah, serta tingkat reproduksi yang rendah.

### Tugas 2.1

Diskusikan dengan temanmu, apa yang menyebabkan dinosaurus punah. Adakah keturunan atau sisa-sisa dinosaurus yang masih hidup pada saat ini?



## C Perkembangbiakan Organisme



**Gambar 2.10** Sifat suatu makhluk hidup diwariskan pada keturunannya.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Selain kemampuan beradaptasi dan lolos dari seleksi alam, organisme harus mampu berkembang biak untuk mempertahankan kelangsungan hidup jenisnya. Perkembangbiakan menghasilkan individu-individu baru dengan ciri khas yang mirip dengan induknya. Ada organisme yang tingkat reproduksinya yang tinggi dan ada pula yang rendah. *Tingkat reproduksi* adalah kemampuan suatu organisme untuk berkembang biak. Organisme yang memiliki tingkat reproduksi tinggi mampu menghasilkan keturunan yang banyak dalam waktu singkat, contohnya adalah tikus, siput, dan serangga. Organisme dengan tingkat reproduksi rendah memiliki jumlah keturunan sedikit dan jangka waktu berkembangbiaknya lama, contohnya adalah harimau, gajah, dan badak bercula satu.

Perkembangbiakan terjadi pada semua organisme, yaitu pada mikroorganisme, tumbuhan, hewan, dan manusia. Kamu telah mempelajari perkembangbiakan manusia di Bab I. Pada bagian ini kamu akan mempelajari perkembangbiakan tumbuhan dan hewan. Perkembangbiakan pada tumbuhan dan hewan dapat terjadi secara vegetatif atau asexual dan secara generatif atau seksual.

Perkembangbiakan vegetatif atau asexual adalah perkembangbiakan yang terjadi tanpa didahului dengan pertemuan sel kelamin jantan dan betina. Jadi individu baru yang dihasilkan berasal dari satu induk. Oleh karena itu organisme hasil perkembangbiakan dengan cara ini memiliki sifat yang sama dengan induknya. Perkembangbiakan vegetatif atau asexual terjadi baik pada hewan, tumbuhan, protista, jamur, dan monera.



**Gambar 2.11** Tikus memiliki tingkat reproduksi yang tinggi.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

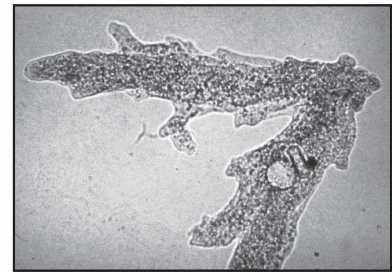
Perkembangbiakan generatif atau seksual diawali dengan pembuahan, yaitu pertemuan sel kelamin jantan dan sel kelamin betina. Pembuahan menghasilkan zigot. Pada tahap berikutnya, zigot berkembang menjadi individu baru. Jadi perkembangbiakan generatif atau seksual memerlukan dua induk yang berbeda jenis kelaminnya. Karena melibatkan dua induk yang berbeda jenis kelaminnya, maka individu yang dihasilkannya memiliki sifat dari kedua induknya.

## 1. Perkembangbiakan Tingkat Sel

Perkembangbiakan pada makhluk hidup juga berlangsung pada tingkat sel. Sel-sel membelah sehingga jumlah sel bertambah banyak. Jumlah dan ukuran sel yang bertambah menyebabkan terjadinya pertumbuhan pada suatu organisme.

Pembelahan sel berlangsung melalui beberapa tahap. Pada sel-sel tubuh terjadi pembelahan *mitosis*, yaitu pembelahan sel yang menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom sama dengan sel induknya. Pada sel-sel kelamin terjadi pembelahan *meiosis*, yaitu pembelahan sel yang menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induknya. Pembelahan ini terjadi pada proses pembentukan sel kelamin.

Pada organisme satu sel, perkembangbiakan dilakukan dengan pembelahan sel secara langsung. Pembelahan sel secara langsung artinya sel membelah tanpa melalui tahap-tahap seperti mitosis dan meiosis. Pada kondisi yang menguntungkan, sebuah sel bakteri membelah menjadi dua sel anak setiap 20 menit. Pembelahan secara langsung dari satu sel menjadi dua sel seperti ini sering disebut *pembelahan biner* (**Gambar 2.12**).



**Gambar 2.12** Pembelahan biner pada organisme bersel satu (*Amoeba* sp.).

**Sumber:** Microsoft Encarta, 2006

## 2. Perkembangbiakan Tumbuhan

Tumbuhan dapat berkembangbiak secara vegetatif dan generatif. Beberapa jenis tumbuhan lebih mudah dikembangkan secara vegetatif atau aseksual, misalnya ketela pohon dan tebu. Jenis tumbuhan lain mudah dikembangkan dengan cara generatif atau seksual, misalnya tanaman padi-padian dan kacang-kacangan.

### a. Perkembangbiakan Vegetatif

Perkembangbiakan aseksual pada tumbuhan lebih lazim disebut perkembangbiakan vegetatif. Perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan dapat terjadi secara alami maupun buatan yaitu dilakukan oleh manusia.

#### 1) Perkembangbiakan Vegetatif Alami

Perkembangbiakan vegetatif alami adalah perkembangbiakan tumbuhan secara tak kawin tanpa campur tangan manusia. Contohnya adalah sebagai berikut.

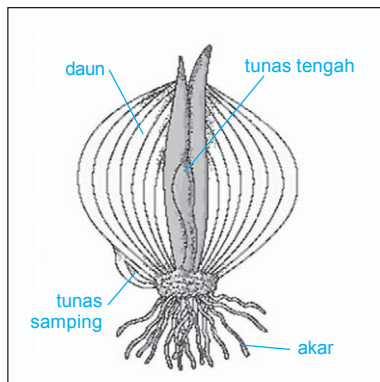
- a) *Spora vegetatif*, merupakan sel yang berubah fungsi menjadi alat perkembangbiakan. Terdapat pada tumbuhan paku, lumut, dan jamur. Spora terbentuk



**Gambar 2.13** Lumut daun berkembang biak dengan membentuk spora.

**Sumber:** Encyclopedia Britannica, 2006





**Gambar 2.14** Umbi lapis tanaman bawang merah.

Sumber: Microsoft Student 2006

di dalam kotak spora (sporangium). Apabila kotak spora pecah dan spora jatuh di tempat yang sesuai, maka akan tumbuh menjadi individu baru.

- b) *Umbi batang*, adalah batang yang berada di dalam tanah yang berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Perbedaan umbi batang dengan umbi akar adalah umbi batang mempunyai mata tunas, sedangkan umbi akar tidak. Contoh umbi batang adalah kentang, dahlia, dan gadung.
- c) *Umbi lapis*, merupakan modifikasi dari batang dan daun, yaitu pelepah daun yang bertumpuk dan berlapis-lapis, mengalami penebalan, lunak, dan berdaging. Contohnya adalah umbi lapis bawang merah (**Gambar 2.14**).
- d) *Rhizoma* atau *akar tinggal*, merupakan batang yang tumbuh mendatar di bawah permukaan tanah. Rhizoma menyerupai akar tetapi berbuku-buku seperti batang. Pada ujungnya terdapat kuncup, pada setiap buku terdapat daun yang berubah bentuk menjadi sisik, dan pada setiap ketiak sisik terdapat mata tunas. Contohnya pada lengkuas, kunyit, bunga tasbih, dan jahe.
- e) *Geragih* atau *stolon*, merupakan batang yang menjalar di atas tanah. Biasanya jarak antarbukunya berjauhan. Contohnya tumbuhan yang berkembang biak dengan geragih adalah pegagan, rumput teki, dan arbei.
- f) *Tunas*, umumnya tumbuh dari ruas-ruas batang dan dapat menjadi tanaman baru. Perkembangbiakan dengan tunas dijumpai pada beberapa jenis tumbuhan seperti pisang, bambu, dan tebu. Tunas yang tumbuh dari organ selain batang disebut *tunas adventif*, contohnya adalah *tunas akar* pada sukun dan cemara dan *tunas daun* pada cocor bebek.

## 2) Perkembangbiakan Vegetatif Buatan

Perkembangbiakan vegetatif buatan dilakukan dengan bantuan manusia. Biasanya dilakukan untuk mempercepat waktu panen dan memperoleh keturunan yang sifatnya sama persis dengan induknya. Contoh perkembangbiakan secara vegetatif buatan adalah sebagai berikut.

- a) *Stek*, dilakukan dengan memotong bagian tubuh tumbuhan dan kemudian menanamnya. Dari potongan tersebut diharapkan dapat tumbuh menjadi individu baru. Berdasarkan asal organ tubuhnya, stek dibedakan menjadi *stek batang* dan *stek daun*. Cara membuat stek batang yaitu dengan memotong bagian-bagian batang menjadi potongan-potongan pendek. Stek batang banyak dilakukan untuk memperbanyak tebu dan singkong. Stek daun berasal dari daun yang dipotong-potong lalu ditanam. Contoh tanaman hias yang dapat diperbanyak dengan stek daun adalah *Begonia* sp.

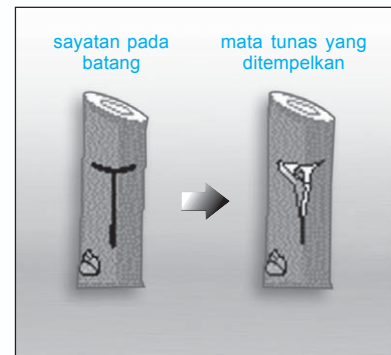
b) *Menempel (okulasi)*, yaitu menggabungkan dua tanaman sejenis yang berbeda sifatnya sehingga dihasilkan tanaman baru. Tujuannya untuk mendapatkan tanaman dengan produksi tinggi. Misalnya jika kamu ingin menggabungkan tanaman mangga lokal yang rasanya hambar tetapi akarnya kuat dengan mangga madu yang buahnya enak dan lebat tetapi perakarannya kurang kuat. Kamu dapat menempel/mengokulasi kedua tanaman mangga itu, yaitu mata tunas mangga madu ditempelkan pada batang bawah dari tanaman mangga lokal. Jika berhasil tumbuh, kamu akan memperoleh tanaman yang buahnya enak dan lebat dengan perakaran yang kuat pula.

c) *Menyambung*, yaitu menggabungkan batang dengan ranting dari tanaman sejenis untuk mendapatkan tanaman baru. Sebagai batang bawah dipilih tanaman yang sistem perakaran dan pertumbuhannya bagus. Sedangkan batang atas diambil dari batang/cabang tanaman yang sudah diketahui kualitas buah atau bunga yang dihasilkannya. Perhatikan cara menyambung berikut ini.

- (1) Pilih biji tanaman yang akan disambung dari tanaman yang perakarannya kuat. Semai biji tersebut hingga tumbuh dan batangnya berdiameter 1 – 1,5 cm. Tanaman ini dipakai sebagai batang bawah. Jika sudah siap disambung, potong batang bawah  $\pm$  10 cm dari permukaan tanah dengan sudut kemiringan 45°.
- (2) Sebagai batang atas, pilihlah cabang/ranting dari tanaman sejenis yang produktivitasnya bagus. Ranting yang akan disambung kondisinya harus sehat dan mempunyai tunas. Potonglah dengan sudut kemiringan sesuai dengan batang bawah.
- (3) Sambung kedua potongan dengan tepat. Kemudian beri kayu penopang (*spalk*) dan diikat kuat-kuat. Pada waktu menyambung, usahakan kambium dari batang bawah dan atas bertemu dengan tepat.
- (4) Kurangi daun-daun dari batang atas. Agar lebih kokoh, berilah tongkat penopang.

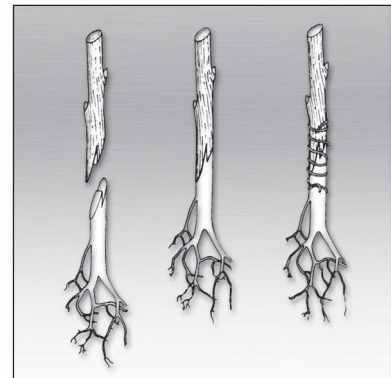
d) *Mencangkok*, dilakukan dengan cara menyayat dan membuang kulit kayu batang/cabang dan menutupnya dengan tanah. Sayatan yang dilakukan harus sampai menghilangkan bagian kambium. Setelah beberapa waktu, dari bagian kambium di atas sayatan muncul akar (**Gambar 2.17**). Tanaman yang biasa dicangkok misalnya jambu biji, mangga, dan jeruk.

e) *Merunduk*, dilakukan dengan cara membengkokkan atau melengkungkan sebagian cabang tanaman hingga menyentuh tanah. Pada bagian yang menyentuh tanah itu akan tumbuh akar. Untuk merangsang keluarnya akar, kamu dapat menimbun cabang itu dengan tanah. Merunduk sering dilakukan untuk memperbanyak apel, alamanda, dan bunga kertas.



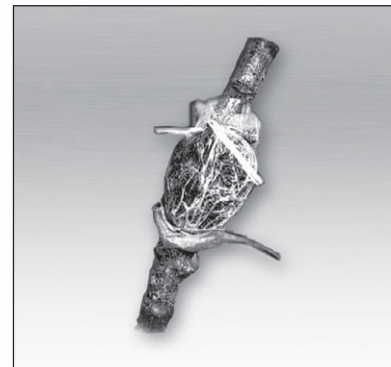
**Gambar 2.15** Okulasi sering dilakukan untuk memperbanyak tanaman jeruk.

Sumber: Dokumen Penerbit



**Gambar 2.16** Proses menyambung pada tanaman apel.

Sumber: Biologi



**Gambar 2.17** Tanaman dikotil berkayu dapat diperbanyak dengan mencangkok.

Sumber: Dokumen Penerbit

## Tugas 2.2

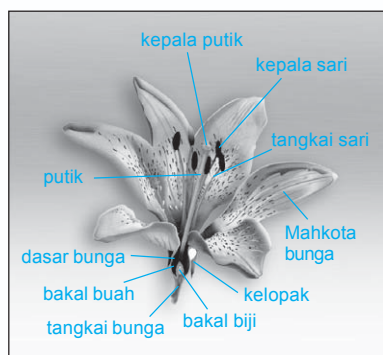
1. Diskusikan dengan temanmu, bagaimanakah cara mencangkok yang benar. Usaha apa yang dilakukan untuk mempercepat tumbuhnya akar pada cangkok?
2. Apakah keuntungan dan kerugian memperbanyak tanaman secara vegetatif?

### b. Perkembangbiakan Generatif

Perkembangbiakan generatif pada tumbuhan diawali dengan penyerbukan (polinasi) yang diikuti dengan pembuahan (fertilisasi). Perkembangbiakan ini melibatkan penyatuan gamet jantan dan betina. Gamet pada tumbuhan dihasilkan pada organ bunga. Jadi bunga merupakan alat perkembangbiakan generatif pada tumbuhan berbiji.

#### 1) Bagian-Bagian Bunga

Di kelas VIII kamu telah mempelajari bunga sebagai organ generatif pada tumbuhan. Pada bab ini kamu akan mempelajari bunga sebagai alat perkembangbiakan generatif. Pada **Gambar 2.18** terlihat bagian-bagian bunga, yaitu sebagai berikut.



**Gambar 2.18** Bagian-bagian bunga sebagai organ reproduksi tumbuhan.

**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer

- a) *Tangkai bunga (pediselus)*, yaitu bagian bunga yang masih jelas bersifat seperti batang. Fungsinya adalah sebagai tempat duduknya bunga pada batang.
- b) *Dasar bunga (reseptakulum)*, yaitu ujung tangkai yang melebar dengan ruas-ruas yang amat pendek, sehingga daun-daun yang mengalami perubahan menjadi bagian-bagian bunga duduk amat rapat bahkan tampak duduk dalam satu lingkaran.
- c) *Hiasan bunga (periantium)*, yaitu bagian bunga yang merupakan modifikasi dari daun. Hiasan bunga umumnya masih tampak berbentuk lembaran dengan tulang-tulang atau urat daun yang jelas. Hiasan bunga terdiri dari kelopak dan mahkota. *Kelopak (kaliks)* merupakan hiasan bunga yang terletak di sebelah luar. Biasanya berwarna hijau dan sewaktu bunga masih kuncup merupakan selubung yang melindungi kuncup terhadap pengaruh-pengaruh luar. *Mahkota bunga (korola)* yaitu bagian hiasan bunga yang terletak di lingkaran dalam. Umumnya berwarna menyolok dan menarik, serta memiliki bentuk yang beraneka ragam.
- d) *Alat kelamin*, terdiri dari alat kelamin jantan dan betina. Alat kelamin jantan pada bunga berupa benang sari (*stamen*). Benang sari dapat duduk bebas atau berlekatan, ada yang tersusun dalam satu lingkaran dan ada yang dua lingkaran. Benang sari memiliki tangkai sari (*filamen*) dan kepala sari (*anthera*). Pada kepala sari terdapat kotak sari yang mengandung serbuk sari (*pollen*). Serbuk sari merupakan gamet jantan pada bunga.



Alat kelamin betina berupa putik (*pistilum*). Pada bunga dapat ditemukan satu atau beberapa putik. Putik terdiri dari kepala putik (*stigma*), tangkai putik (*stylus*), dan bakal buah (*ovarium*). Di dalam bakal buah terdapat bakal biji (*ovulum*) yang mengandung sel telur (*ovum*). Setiap putik dapat terdiri atas beberapa daun buah tetapi adapula yang hanya terdiri atas satu daun buah.

Berdasarkan kelengkapan bagian-bagian bunga, bunga dibedakan menjadi bunga lengkap dan bunga tidak lengkap. *Bunga lengkap*, jika suatu bunga memiliki perhiasan dan alat perkembangbiakan secara lengkap. Sedangkan *bunga tidak lengkap*, jika suatu bunga tidak memiliki satu atau beberapa bagian bunga.

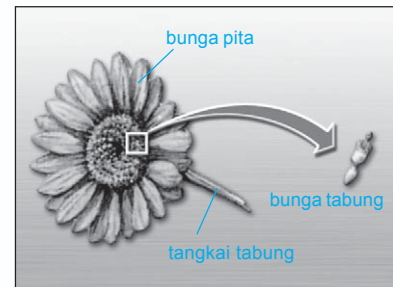
Berdasarkan keberadaan alat kelamin, bunga dapat dibedakan menjadi bunga sempurna dan bunga tidak sempurna. *Bunga sempurna* adalah bunga yang memiliki alat kelamin jantan (benang sari) dan alat kelamin betina (putik). Bunga sempurna sering disebut *bunga kelamin ganda* atau *bunga banci*. *Bunga tidak sempurna* adalah bunga yang hanya memiliki salah satu alat kelamin, yaitu putik saja atau benang sari saja. Bunga yang memiliki benang sari saja disebut *bunga jantan* dan bunga yang hanya memiliki putik saja disebut *bunga betina*. Sedangkan *bunga mandul* atau tidak berkelamin adalah bunga yang tidak memiliki benang sari maupun putik. Misalnya bunga pita pada bunga matahari. Berdasarkan jenis bunganya, tumbuhan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu tumbuhan berumah satu dan tumbuhan berumah dua.

- a) *Tumbuhan berumah satu*, jika dalam satu pohon terdapat bunga jantan dan bunga betina. Contoh tanaman kembang sepatu dan jagung.
- b) *Tumbuhan berumah dua*, jika dalam satu pohon terdapat bunga jantan saja atau bunga betina saja. Contoh tanaman salak dan pakis haji.

## 2) Penyerbukan

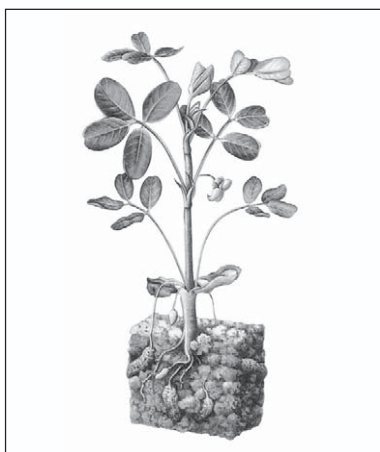
Peristiwa jatuhnya serbuk sari di kepala putik disebut *penyerbukan* atau *persarian*. Serbuk sari dapat berasal dari satu bunga dan dapat pula berasal dari bunga yang lain, bahkan berasal dari tumbuhan berbeda. Berdasarkan asal serbuk sari dan putik maka penyerbukan dapat dibedakan menjadi beberapa macam.

- a) *Penyerbukan sendiri (autogami)*, yaitu penyerbukan yang terjadi apabila serbuk sari dan putik berasal dari satu bunga. Bunga yang melakukan autogami memiliki struktur yang khas sifatnya, yaitu sekalipun bunga sudah mekar, putiknya tetap terlindungi oleh bagian-bagian bunga lainnya sampai terjadinya penyerbukan sendiri. Ciri-ciri bunga yang bersifat autogami adalah sebagai berikut.



**Gambar 2.19** Bunga matahari terdiri dari bunga pita (mandul) dan bunga tabung (fertil).

**Sumber:** Kamus Biologi



**Gambar 2.20** Bunga kacang tanah mengalami penyerbukan autogami, karena kebanyakan terjadi ketika bunga belum mekar.

**Sumber:** Indonesian Heritage Tetumbuhan

- (1) Sebelum terjadi penyerbukan, putik selalu terlindungi oleh kumpulan benang sarinya, misalnya benang sari bersatu membungkus putik.
  - (2) Mahkota bunganya menutupi alat-alat kelamin bunga itu sehingga menghalangi serbuk sari bunga lain menempel pada kepala putiknya sekalipun bunga sebenarnya sudah mekar.
  - (3) Penyerbukan terjadi ketika bunga baru mekar atau bunga masih kuncup, misal pada kacang tanah.
- b) *Penyerbukan tetangga (geitonogami)*, yaitu penyerbukan yang terjadi oleh serbuk sari yang berasal dari bunga lain tapi masih dalam satu pohon. Hal ini dapat terjadi karena bunga tidak memiliki struktur yang khas dan masa kematangan bunga jantan dan betina yang tidak bersamaan.
- c) *Penyerbukan silang (alogami)*, yaitu penyerbukan yang terjadi oleh serbuk sari yang berasal dari tumbuhan lain yang sejenis. Apabila serbuk sari berasal dari bunga lain yang tumbuhannya tidak sejenis dinamakan *penyerbukan bastar*.

Geitonogami dan alogami terjadi karena kedudukan benang sari dan putik berjauhan, sehingga tidak memungkinkan terjadi penyerbukan sendiri. Jadi diperlukan perantara dalam proses penyerbukan. Berdasarkan faktor penyebab sampainya serbuk sari ke kepala putik, penyerbukan dapat dibedakan menjadi beberapa macam.

- a) *Anemogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan angin. Ciri-ciri tumbuhan ini yaitu perhiasan bunganya kecil atau tidak ada, alat kelaminnya terbuka dan tidak memiliki kelenjar madu. Benang sarinya bergelantungan dengan serbuk sari yang sangat kecil dan jumlahnya banyak. Putik biasanya bertangkai panjang dan memiliki cairan perekat. Contoh bunga padi dan bunga jagung.
- b) *Hidrogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan air. Biasanya terjadi pada tumbuhan yang hidup di air.
- c) *Zoidiogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan hewan, misalnya serangga, burung, dan kelelawar. Berdasarkan jenis hewan penyerbuknya maka penyerbukan dibedakan menjadi beberapa jenis.
  - (1) *Entomogami*, ialah penyerbukan dengan bantuan serangga (misalnya kupu-kupu, kumbang bunga, dan lalat). Bunga menghasilkan madu, mengeluarkan bau khas, mahkota bunga berwarna cerah, dan berukuran besar.
  - (2) *Ornitogami*, ialah penyerbukan dengan perantara burung, terjadi pada tumbuhan yang bunganya menghasilkan madu, bermahkota lebar dan tebal, dan berwarna cerah.
  - (3) *Kiropterogami*, ialah penyerbukan dengan perantara hewan bersayap selaput tangan (kelelawar, kalong, dan kampret). Terjadi pada bunga yang mekar di malam hari
  - (4) *Malakogami*, ialah penyerbukan dengan perantara siput.



**Gambar 2.21** Burung dapat membantu penyerbukan pada beberapa jenis bunga.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

- d) *Antropogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan manusia. Biasanya tanaman ini sukar mengalami penyerbukan secara alami, misalnya karena struktur bunganya yang unik atau bunga sukar mengeluarkan serbuk sarinya.

Untuk mempelajari bagian-bagian bunga dan penyerbukannya, lakukan **Kegiatan 2.2** berikut ini.

## Kegiatan 2.2

### Bagian-Bagian Bunga dan Penyerbukannya

#### Tujuan

Mengamati bagian-bagian bunga dan penyerbukannya.

#### Alat dan Bahan

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| 1. Bunga sepatu   | 5. Bunga jambu             |
| 2. Bunga jagung   | 6. Kaca pembesar           |
| 3. Bunga pepaya   | 7. Pisau ( <i>cutter</i> ) |
| 4. Bunga matahari | 8. Pinset                  |

#### Langkah Kerja

1. Amatilah semua bunga di atas, gambar dan identifikasilah bagian-bagian bunganya.
2. Klasifikasikan berdasarkan bunga jantan dan bunga betina. Kelompokkan yang termasuk bunga sempurna, bunga tak sempurna, bunga lengkap, bunga tak lengkap, dan bunga mandul.
3. Kelompokkan berdasarkan tipe bunga dan faktor yang membantu penyerbukan.

#### Pertanyaan

1. Manakah bunga yang termasuk bunga sempurna, bunga tak sempurna, bunga lengkap, bunga tak lengkap, dan bunga mandul?
2. Manakah bunga yang penyerbukannya dibantu oleh serangga? Pada bagian apakah serangga tertarik pada bunga tersebut?
3. Manakah yang termasuk bunga berkelamin ganda?
4. Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah kamu lakukan.

## Tugas 2.3

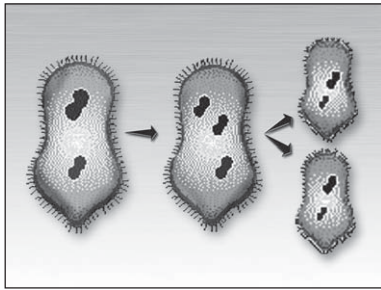
Diskusikan dengan temanmu, perbedaan struktur perkembangbiakan generatif pada tumbuhan Gymnospermae dan tumbuhan Angiospermae.

## 3. Perkembangbiakan pada Hewan

Perkembangbiakan pada hewan juga terjadi baik secara aseksual maupun seksual. Hewan tingkat rendah dapat bereproduksi secara seksual dan aseksual. Sedangkan hewan tingkat tinggi hanya bereproduksi secara seksual saja.



### a. Perkembangbiakan Aseksual pada Hewan



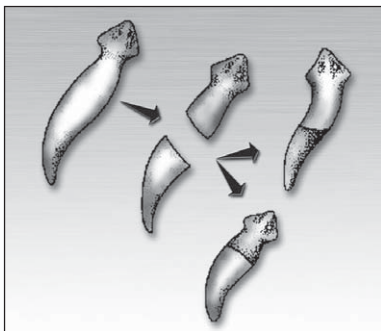
**Gambar 2.22** Amoeba melakukan pembelahan secara biner.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



**Gambar 2.23** Hydra berkembangbiak dengan membentuk tunas.

**Sumber:** Encyclopedia Britannica



**Gambar 2.24** Planaria melakukan reproduksi vegetatif dengan fragmentasi.

**Sumber:** Micosoft Encarta

Perkembangbiakan aseksual pada hewan umumnya terjadi pada hewan tingkat rendah/Avertebrata. Reproduksi aseksual artinya reproduksi yang terjadi tanpa didahului dengan peleburan dua sel kelamin yang berbeda jenisnya. Reproduksi aseksual pada hewan ada lima jenis, yaitu pembelahan biner, pembelahan ganda, pembentukan tunas, regenerasi, dan partenogenesis.

- 1) *Pembelahan biner*, terjadi pada makhluk hidup uniseluler, yaitu dari golongan Monera dan Protista. Pada pembelahan biner, dari satu individu membelah secara langsung menjadi dua sel anak. Pembelahan biner terdiri dari lima jenis, yaitu pembelahan ortodoks, melintang, membujur, miring, dan strobilasi. Pembelahan biner secara ortodoks/umum terjadi pada *Amoeba* dan mikroorganisme lain dari golongan *Rhizopoda*. Pembelahan biner secara melintang terjadi pada *Paramecium*. Pembelahan dengan tipe membujur contohnya pada *Euglena*. Tipe pembelahan miring terjadi pada *Dinoflagellata*. Sedangkan pembelahan biner tipe strobilasi menghasilkan individu baru dari bagian tubuh induk yang lepas, contohnya pada cacing pita (*Taenia* sp).
- 2) *Pembelahan ganda*, yaitu pembelahan berulang, sehingga dalam sekali pembelahan dari satu individu dapat dihasilkan lebih dari dua individu. Contoh hewan yang dapat melakukan pembelahan ganda adalah *Plasmodium*.
- 3) *Pertunasan* atau *budding*, yaitu pembentukan tunas kecil yang serupa dengan induk. Tunas ini kemudian memisahkan diri dan menjadi individu baru. Contohnya pada *Hydra*, ubur-ubur pada saat berbentuk *polip*, dan hewan dari golongan *Porifera*. Selain bereproduksi dengan tunas, Porifera juga dapat melakukan reproduksi secara seksual.
- 4) *Fragmentasi*, individu baru terbentuk dari bagian tubuh induk yang terbagi-bagi/terputus baik sengaja atau tidak. Setiap bagian tumbuh dan berkembang membentuk bagian yang belum ada sehingga menjadi individu baru yang utuh. Contoh hewan yang melakukan reproduksi secara fragmentasi adalah cacing tanah, bintang laut, dan *Planaria*. Fragmentasi bukan merupakan cara reproduksi yang utama, karena dalam kondisi normal *Planaria* bereproduksi secara seksual.
- 5) *Partenogenesis*, individu baru terbentuk dari telur yang tidak dibuahi. Hewan yang mengalami partenogenesis adalah serangga, misalnya lebah madu.

### Tugas 2.4

Diskusikan dengan temanmu, apakah semua lebah dalam satu koloni dihasilkan melalui partenogenesis. Mengapa demikian?

## b. Perkembangbiakan Seksual pada Hewan Tingkat Tinggi

Perkembangbiakan secara seksual pada hewan melibatkan alat reproduksi, sel kelamin/gamet jantan dan gamet betina, serta proses pembuahan atau fertilisasi. Pembuahan pada hewan ada dua jenis, yaitu pembuahan yang terjadi di dalam tubuh induk betina dan pembuahan yang terjadi di luar tubuh. Pembuahan di dalam tubuh induk betina disebut *fertilisasi internal*. Sedangkan pembuahan di luar tubuh induk betina disebut *fertilisasi eksternal*.

Pembuahan eksternal biasanya terjadi pada hewan yang hidup di dalam air, misalnya katak dan ikan. Jumlah sel telur dan sperma yang dihasilkan sangat banyak, sehingga dapat memperbesar peluang terjadinya pembuahan. Pembuahan eksternal dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *tipe acak* dan *tipe sarang*. Pada tipe acak, proses pelepasan sel telur dan sperma dilakukan di sembarang tempat. Sedangkan pada tipe sarang, ada tempat tertentu untuk melepaskan sperma dan sel telur, sehingga peluang terjadinya pembuahan lebih besar. Pada fertilisasi internal, pembuahan yang terjadi dalam tubuh induk betina. Jadi sperma dari induk jantan harus dimasukkan ke dalam tubuh betina melalui *kopulasi*.

Alat reproduksi menghasilkan sel kelamin. Sel kelamin jantan/sperma dihasilkan oleh *testis*, sedangkan sel kelamin betina (ovum/sel telur) dihasilkan oleh *ovarium* (*indung telur*). Proses pembentukan sel kelamin jantan dan betina disebut *gametogenesis*. Proses pembentukan sel kelamin jantan disebut *spermatogenesis*, sedangkan proses pembentukan sel kelamin betina disebut *oogenesis*.

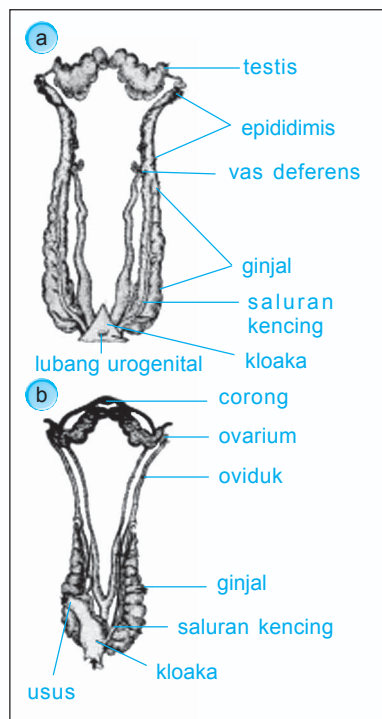
Setelah terjadi pembuahan atau fertilisasi, akan terbentuk zigot yang kemudian berkembang menjadi embrio. Perkembangan dan kelahiran embrio dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu vivipar, ovipar, dan ovovivipar.

- 1) Vivipar (hewan beranak), yaitu hewan yang embrionya berkembang dan mendapat makanan di dalam uterus (rahim) induk betina. Contohnya adalah kerbau, sapi, gajah, dan harimau.
- 2) Ovipar (hewan bertelur), yaitu hewan yang embrionya berkembang di dalam telur. Telur hewan ini dikeluarkan dari dalam tubuh dan dilindungi oleh cangkang. Embrio memperoleh makanan dari cadangan makanan yang terdapat di dalam telur. Beberapa hewan ovipar mengerami telurnya hingga menetas, misalnya ayam dan merpati. Namun banyak pula induk yang menimbun telur dengan pasir atau bahkan membiarkan begitu saja.
- 3) Ovovivipar (hewan bertelur dan beranak), yaitu hewan yang embrionya berkembang di dalam telur, tetapi telur tetap berada di dalam tubuh induk betina. Setelah cukup umur, telur akan pecah di dalam tubuh induk dan anaknya keluar. Contohnya adalah kadal dan ikan hiu.



**Gambar 2.25** Anak itik menetas dari telur, itik termasuk hewan ovipar.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



**Gambar 2.26** (a) Alat kelamin jantan pada ikan, (b) alat kelamin betina pada ikan.

Sumber: Dokumen Penerbit

Pada bab 1 kamu telah mempelajari sistem reproduksi seksual pada manusia. Berikut ini beberapa contoh reproduksi seksual pada hewan.

### 1) Reproduksi pada Ikan

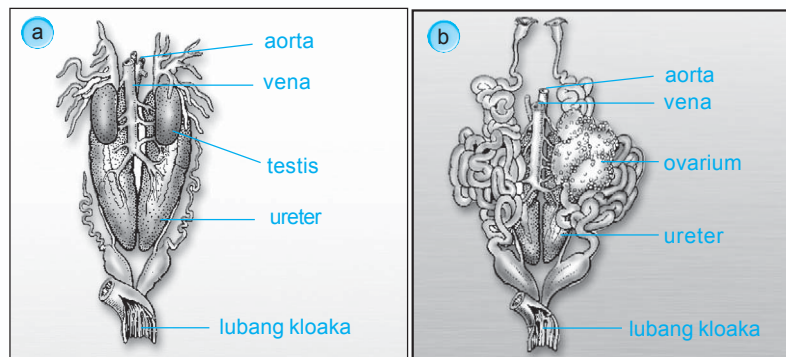
Pada umumnya ikan bertelur (*ovipar*) dan pembuahannya terjadi di luar tubuh induk betinanya. Alat kelamin jantan terdiri dari sepasang testis berwarna putih. Sperma dialirkan melalui saluran *vas deferens* yang bermuara di lubang *urogenital*. Lubang urogenital merupakan lubang yang dipakai untuk keluarnya urin dan sperma.

Alat kelamin betina terdiri dari sepasang *ovarium*. Ovarium menghasilkan sel telur. Sel telur dikeluarkan melewati *oviduk* dan kemudian dialirkan ke lubang urogenital. Setelah ikan betina mengeluarkan sel telur di sembarang tempat atau di tempat tertentu, maka akan diikuti oleh ikan jantan dengan mengeluarkan sperma.

### 2) Reproduksi pada Katak

Katak termasuk hewan amfibi yang hidup di darat dan air. Pembuahan katak terjadi secara eksternal yang dilakukan di air. Katak bersifat *ovipar* atau bertelur. Alat kelamin jantan terdiri dari sepasang testis yang berwarna putih kekuningan. Testis menghasilkan sperma. Sperma melewati *vas efferentia* dan menuju kloaka. Kloaka merupakan tempat keluarnya sperma, saluran urin, dan sisa pembuangan makanan. Alat kelamin betina terdiri dari sepasang ovarium yang menghasilkan sel telur. Telur melewati oviduk dan menuju kloaka.

Pada saat kawin (*kopulasi*), katak jantan akan naik ke punggung katak betina. Dengan jarinya, katak jantan menekan katak betina sehingga katak betina mengeluarkan sel telur ke dalam air. Saat keluarnya telur, katak jantan akan mengeluarkan spermanya. Terjadilah pembuahan sel telur di dalam air dan akan berkembang menjadi zigot.



**Gambar 2.27** (a) Alat kelamin jantan pada katak, (b) alat kelamin betina pada katak.

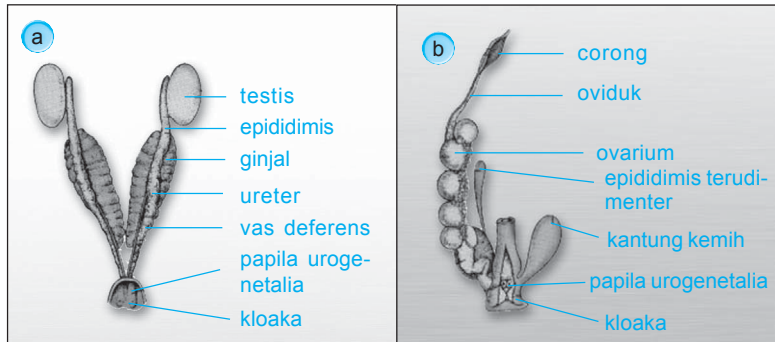
Sumber: Dokumen Penerbit

### 3) Reproduksi pada Reptilia

Umumnya reptilia bersifat *ovipar*, walaupun ada sebagian yang *ovovivipar*. Pada reptilia jantan, alat kelaminnya terdiri dari sepasang testis, epididimis dan vas deferens. Memiliki



alat kelamin khusus yang disebut *hemipenis* dan dikeluarkan melalui kloaka saat kawin. Sedangkan reptilia betina memiliki alat kelamin terdiri dari sepasang ovarium dan oviduk. Telur bermuara di oviduk. Pada reptil ovovivipar telur akan menetas dalam oviduk.



**Gambar 2.28** (a) Alat kelamin jantan reptilia, (b) alat kelamin betina reptilia.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

#### 4) Reproduksi pada Burung

Burung berkembangbiak dengan cara bertelur (ovipar). Umumnya telur akan dierami hingga menetas. Embrio di dalam telur memerlukan suhu tertentu untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

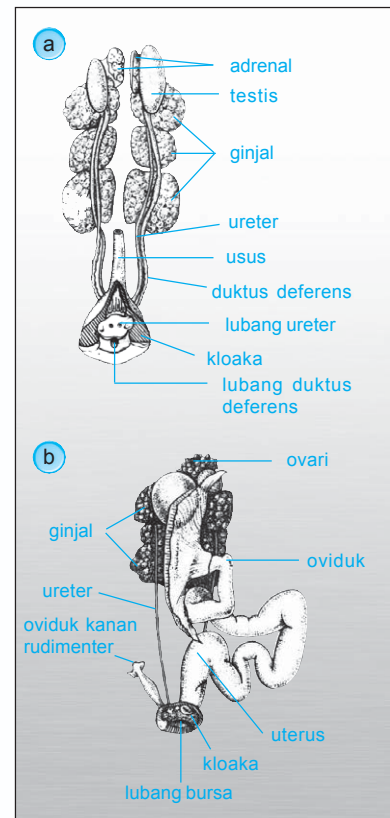
Alat kelamin burung jantan terdiri dari sepasang testis. Sperma yang dihasilkan testis akan menuju vas deferens dan kloaka. Sedangkan alat kelamin betina pada burung terdiri dari ovarium kiri dan oviduk.

Saat kawin, kloaka jantan dan betina saling mendekat sehingga ketika sperma keluar dari kloaka jantan akan langsung masuk ke kloaka betina sehingga sel telur dapat dibuahi. Telur burung mempunyai struktur sebagai berikut.

- Cangkang telur, terbuat dari zat kapur yang berpori untuk keluar masuknya udara. Di sebelah dalam cangkang terdapat dua buah membran yang pada salah satu ujungnya tidak saling melekat, sehingga terbentuk rongga udara.
- Albumen (putih telur), berupa cairan kental berwarna putih bening yang berfungsi sebagai cadangan makanan dan melindungi embrio dari guncangan.
- Kuning telur, terdapat di bagian tengah albumen. Pada kuning telur ini terdapat calon embrio. Agar kuning telur tetap pada posisinya, maka terdapat *kalaza* yang berfungsi menjaga posisi kuning telur.

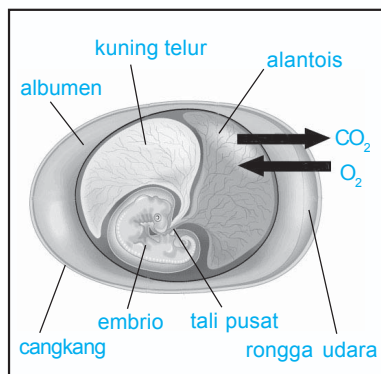
Pada saat telur dierami, embrio mulai tumbuh. Kuning telur dan putih telur diserap melalui pembuluh darah yang terbentuk mengelilingi kuning telur. Bagian-bagian yang berperan dalam mendukung pertumbuhan embrio adalah sebagai berikut.

- Amnion, merupakan cairan ketuban yang terdapat pada suatu kantung tempat tumbuhnya embrio.



**Gambar 2.29** (a) Alat kelamin jantan pada burung, (b) alat kelamin betina pada burung.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



**Gambar 2.30** Embrio burung yang sedang tumbuh.

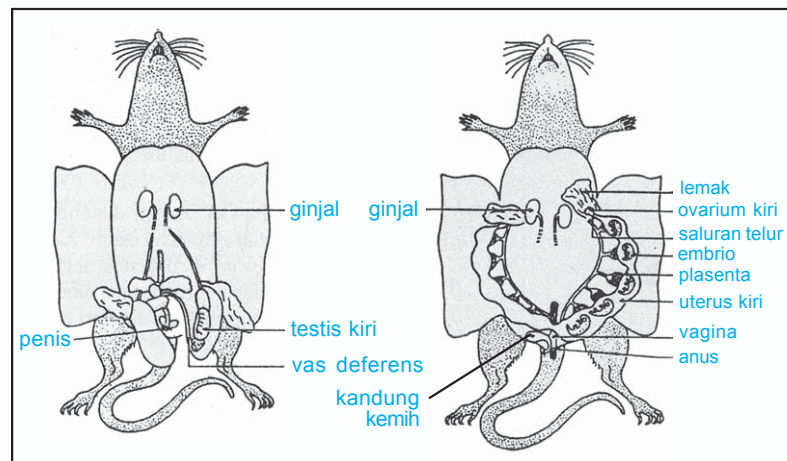
**Sumber:** Microsoft Encarta, 2006

- b) Alantois, merupakan tempat penyimpanan hasil ekskresi, mengangkut  $O_2$  ke dalam embrio dan  $CO_2$  keluar dari embrio.
- c) Tali pusat, yaitu bagian yang menghubungkan kuning telur dengan alantois.

#### 4) Reproduksi pada Mamalia

Mamalia berkembang biak dengan cara melahirkan anak (vivipar). Proses pembuahnya berlangsung di dalam tubuh induk betina (fertilisasi internal). Setelah dilahirkan, anak hewan mamalia menyusu kepada induknya. Meskipun demikian, ada beberapa jenis mamalia yang tidak melahirkan anaknya, tetapi bertelur. Contohnya adalah platipus (*Ornithorhynchus anatinus*).

Semua hewan Mamalia memiliki alat reproduksi yang hampir serupa. Untuk mempelajarinya, amatilah alat reproduksi tikus berikut ini.



**Gambar 2.31** (a) Alat perkembangbiakan tikus jantan. (b) Alat perkembangbiakan tikus betina.

**Sumber:** Dokumen penerbit.

Tikus jantan mempunyai sepasang testis yang berfungsi untuk menghasilkan sperma. Sperma dikeluarkan melalui saluran sperma yang disebut vas deferens. Untuk memasukkan sperma ke dalam tubuh hewan betina, digunakan penis.

Tikus betina mempunyai sepasang ovarium yang berfungsi untuk menghasilkan sel telur atau ovum. Sel telur yang telah dilepaskan dari ovarium (ovulasi) keluar melalui saluran telur dan akhirnya sampai di uterus. Jika sel telur ini dibuahi oleh sperma, akan terbentuk zigot yang akan tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Tikus mampu mengandung lebih dari satu embrio. Namun tidak semua Mamalia memiliki kemampuan seperti ini. Setiap embrio memperoleh nutrisi dan oksigen dari plasenta yang dihubungkan melalui tali pusat. Jika sudah tiba masa lahirnya, embrio lepas dari uterus dan dikeluarkan melalui vagina.

#### 4. Keuntungan dan Kerugian Reproduksi Seksual dan Aseksual

Reproduksi seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif) mempunyai keuntungan dan kerugian. Berikut ini beberapa sifat reproduksi seksual dan aseksual pada tumbuhan.

##### a. Keuntungan dan kerugian reproduksi generatif

Keuntungan reproduksi generatif adalah sebagai berikut.

- 1) Tanaman yang ditanam dalam bentuk biji dapat tumbuh lebih kuat dan kokoh.
- 2) Keturunan baru yang dihasilkan sifatnya lebih bervariasi.
- 3) Tanaman mempunyai perakaran yang lebih kuat. Pada tanaman dikotil, jika diperbanyak dengan biji maka mempunyai perakaran tunjang, tetapi bila diperbanyak dengan cangkok atau stek akan mempunyai perakaran serabut.
- 4) Umumnya berumur lebih lama.

Kerugian reproduksi generatif adalah sebagai berikut.

- 1) Tanaman yang diperbanyak dengan biji umur berbuahnya lebih lama.
- 2) Keturunannya sering mempunyai sifat yang tidak sesuai yang diinginkan.

##### b. Keuntungan dan kerugian reproduksi vegetatif

Keuntungan reproduksi vegetatif adalah sebagai berikut.

- 1) Keturunan baru memiliki sifat-sifat seperti induknya. Jadi jika kamu memperbanyak tanaman secara vegetatif, sebelum tanaman itu berproduksi kamu sudah dapat memprediksi sifatnya. Jadi bila kamu mempunyai tanaman yang menghasilkan buah dengan rasanya manis dan berukuran besar, jika tanaman itu diperbanyak secara vegetatif (dicangkok atau stek) maka akan diperoleh tanaman yang sifatnya sama.
- 2) Tumbuhan dapat segera dikembangkan, tidak perlu menunggu sampai tumbuhan itu berbunga, berbuah, dan menghasilkan biji.
- 3) Waktu yang diperlukan untuk berbuah lebih singkat. Misalnya jambu yang ditanam dari biji akan berbuah setelah berumur lima tahun. Tetapi, jika kamu memperbanyak dengan cangkok, jambu akan berbuah lebih cepat.

Kerugian reproduksi secara vegetatif adalah sebagai berikut.

- 1) Tanaman baru kurang kokoh karena umumnya berakar serabut yang kurang kuat.
- 2) Tanaman induk akan menderita jika terlalu banyak dahan yang dicangkok atau diambil untuk stek.
- 3) Keturunan yang diperoleh dari satu tanaman induk hanya sedikit. Namun dengan *kultur jaringan*, dapat diperoleh keturunan dalam jumlah besar, cepat, seragam, dan identik dengan tanaman induknya.



**Gambar 2.32** Tumbuhan yang diperbanyak dengan cangkok lebih cepat berbuah daripada tumbuhan yang ditanam dari biji.

Sumber: Ensiklopedia Umum



## Latihan 2.2

1. Jika hewan ovipar tidak mengerami telurnya, usaha apakah yang dilakukan hewan itu untuk melindungi dan mempercepat penetasan telurnya?
2. Apakah keuntungan reproduksi vegetatif dan generatif pada hewan dan mikroorganisme?
3. Bagaimana tingkat keberhasilan pembuahan eksternal bila dibandingkan pembuahan internal? Mengapa demikian?

## Rangkuman

- Untuk menjaga kelangsungan hidup dan melestarikan jenisnya, maka setiap makhluk hidup harus dapat beradaptasi, lolos dalam seleksi alam, dan dapat berkembang biak.
- Adaptasi adalah kemampuan suatu organisme untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan. Adaptasi dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu adaptasi morfologi, fisiologi, dan tingkah laku. Semakin tinggi kemampuan beradaptasi, semakin tinggi kemungkinan kelangsungan hidupnya.
- Seleksi alam adalah proses kelulushidupan suatu organisme terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di alam. Alam melakukan seleksi terhadap jenis-jenis organisme yang hidup, sehingga organisme yang tidak mampu beradaptasi tidak akan dapat bertahan hidup.
- Perkembangbiakan merupakan kemampuan untuk menghasilkan keturunan. Keturunan yang dihasilkan mempunyai ciri khas seperti induk, sehingga dengan berkembang biak, kelestarian jenisnya dapat dipertahankan. Perkembangbiakan dapat terjadi secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual).
- Perkembangbiakan tingkat sel terjadi melalui pembelahan sel. Pembelahan sel pada sel-sel tubuh berlangsung secara mitosis, sedangkan pembelahan sel pada pembentukan gamet (sel-sel kelamin) terjadi secara meiosis.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Kelangsungan Hidup Organisme** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab III, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan cara makhluk hidup mempertahankan kelangsungan hidupnya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan cara makhluk hidup beradaptasi dengan lingkungan?
3. Apakah seleksi alam itu? Dapatkah kamu menjelaskan seleksi alam dan memberi contohnya?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan perkembangbiakan pada hewan dan tumbuhan, baik perkembangbiakan tingkat sel maupun organisme dengan cara vegetatif dan generatif?

**I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

1. Hewan tertentu tidur selama musim dingin merupakan contoh adaptasi ....  
a. morfologi                      c. tingkah laku  
b. fisiologi                        d. cuaca
2. Salah satu adaptasi yang bertujuan menakut-nakuti musuh pada hewan adalah ....  
a. mimikri                        c. hibernasi  
b. pewarnaan                    d. migrasi
3. Bentuk paruh disesuaikan dengan jenis makanan merupakan contoh adaptasi ....  
a. morfologi                      c. fisiologi  
b. tingkah laku                  d. makanan
4. Perkembangbiakan generatif adalah ....  
a. berkembangbiak dengan cara membelah diri  
b. berkembangbiak dengan cara penyatuan sel kelamin jantan dan betina  
c. berkembangbiak dengan cara tanpa penyatuan sel kelamin jantan dan betina  
d. berkembangbiak dengan cara bantuan manusia
5. Tumbuhan higrofit memiliki ciri ....  
a. daun lebar, tebal, dan stomata sedikit  
b. daun lebar dan memiliki lapisan lilin tebal  
c. daun lebar dan stomata sedikit  
d. daun lebar, tipis, dan stomata banyak
6. Untuk mempertahankan kelestarian jenisnya, organisme akan ....  
a. mencari habitat yang lebih luas  
b. berusaha mendapatkan makanan yang cukup  
c. memiliki kemampuan berkembangbiak  
d. menghindari dari kejaran musuh
7. Bila terjadi perubahan lingkungan, maka kemungkinannya adalah ....  
a. hewan yang tidak mampu beradaptasi akan berkembangbiak  
b. tumbuhan yang tidak mampu beradaptasi akan berkembangbiak  
c. hewan dan tumbuhan yang mampu beradaptasi akan terus bertahan hidup  
d. semua organisme akan mati dan punah
8. Berikut ini yang merupakan cara perkembangbiakan generatif ialah ....  
a. setek batang                  c. menanam biji  
b. okulasi                        d. merunduk
9. Bagian bunga yang mempunyai fungsi untuk menarik serangga hinggap ialah ....  
a. kelopak                        c. benang sari  
b. putik                            d. mahkota
10. Tempat pembentukan sperma pada vertebrata adalah ....  
a. testis                            c. vas deferens  
b. ovarium                        d. kloaka
11. Pembuahan ganda terjadi pada tumbuhan berbiji ....  
a. tertutup  
b. terbuka  
c. terbuka dan tertutup  
d. tidak ada yang benar
12. Keuntungan dari perbanyakannya secara vegetatif ialah ....  
a. banyak menghasilkan individu baru  
b. reproduksinya menurun  
c. menghasilkan tanaman yang kokoh dan kuat  
d. dapat dilakukan lebih cepat tanpa menunggu tumbuhan induk berbuah
13. Penyerbukan bastar adalah penyerbukan yang serbuk sarinya berasal dari ....  
a. bunga itu sendiri  
b. bunga lain dalam satu pohon  
c. bunga pohon lain yang masih dalam satu spesies  
d. bunga pohon lain, satu spesies, namun beda varietas
14. Hewan yang dapat melakukan partenogenesis adalah ....  
a. lebah                            c. bekicot  
b. cacing tanah                  d. udang
15. Pembuahan pada katak terjadi pada ....  
a. ovarium                        c. kloaka  
b. oviduk                         d. air

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Apakah yang dimaksud dengan adaptasi dan seleksi alam?
2. Mengapa saat berlari denyut jantung akan lebih cepat?
3. Bagaimana cara membedakan umbi akar dan umbi batang?
4. Jelaskan dua perbedaan antara meiosis dan mitosis!
5. Tuliskan berbagai cara reproduksi aseksual pada hewan!

### Wacana Sains

#### Tanaman Padi Tahan Air Asin

Masih ingatkah kamu bencana tsunami yang melanda Aceh pada akhir tahun 2004? Air laut yang naik ke daratan menyebabkan tanah persawahan berkadar garam tinggi. Hal ini menyebabkan padi yang biasa di tanam di sana tidak dapat tumbuh. Tentu tidak mudah mengembalikan kondisi persawahan menjadi seperti sebelum tsunami. Oleh karena itu, masyarakat sangat menginginkan adanya varietas padi yang dapat hidup dan mampu beradaptasi di daerah berkadar garam tinggi.

Adakah tanaman padi yang mampu beradaptasi dengan lingkungan berkadar garam tinggi? **Arun Lahiri Mazumder**, pemimpin *Bose Institute*, sebuah pusat riset genetika tanaman di Kolkata, India menemukan padi liar yang hidup di air asin di hutan mangrove Sunderbans, delta sungai Gangga, India. Padi liar (*Porteresia coaricata*) itu lalu dimuliakan.

Mengapa tanaman padi itu tahan terhadap kadar garam tinggi. Dari penyelidikan, diketahui bahwa terdapat gen yang membuat tanaman sangat toleran terhadap kadar garam, yaitu gen yang menyandikan enzim *inositol synthetase*. Gen yang menyandikan ketahanan terhadap lingkungan berkadar garam tinggi diambil dan dipindahkan ke padi unggul yang lain. Padi unggul yang telah disisipi gen baru ini (menjadi padi *transgenik*) menjadi tahan terhadap kondisi lingkungan berair asin.

Indonesia juga mengembangkan tanaman padi serupa, namun ketahanannya belum sebagus tanaman padi temuan Mazumder itu. Contohnya adalah varietas banyasin, kapuas, lalau, lambur, dan mendawak. IRRI (*International Rice Research Institute*) juga telah mengembangkan lebih dari 47 varietas padi yang toleran terhadap kadar garam.

Sumber: *Tempo*, 6 – 12 November 2006



# Bab **III**

## Pewarisan Sifat



Coba perhatikan wajahmu. Mungkin wajahmu ada kemiripan dengan wajah kedua orang tuamu. Perhatikan pula dengan wajah saudaramu. Apakah mereka juga mirip dengan orang tuamu? Apa yang menyebabkan wajah seseorang anak mirip dengan wajah orang tuanya? Apa hubungannya dengan pewarisan sifat?

Pada bab ini kamu akan mempelajari konsep pewarisan sifat pada makhluk hidup. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat memahami materi genetik yang berhubungan dengan pewarisan sifat, persilangan monohybrid dan dihibrid, dan pewarisan sifat pada manusia.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- gen
- kromosom
- persilangan
- penyakit menurun

Lihat gambar di samping. Meskipun mereka satu keluarga, setiap individu memiliki ciri/sifat yang unik. Sifat ini ada yang dapat diturunkan dan ada yang tidak dapat diturunkan kepada keturunannya. Materi genetis yang bertanggung jawab dalam pewarisan sifat kepada keturunannya adalah gen dan kromosom. Ilmu yang mempelajari cara-cara perwarisan sifat seperti ini disebut genetika.



## A Gen dan Kromosom

Gen ialah suatu substansi kimia dalam kromosom yang bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat organisme. Istilah gen pertama kali dikemukakan oleh **W. Johansen**. Fungsi gen antara lain sebagai berikut.

1. Mengatur perkembangan dan metabolisme individu.
2. Menyampaikan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya.
3. Sebagai zarah tersendiri dalam kromosom.

Gen berperan untuk menentukan pewarisan sifat seperti rasa, warna, dan bentuk. Gen terdapat di dalam kromosom, dan menempati tempat-tempat tertentu yaitu di dalam lokus-lokus kromosom. Pada sel eukariotik, kromosom berada di dalam inti sel. Kromosom mempunyai sifat mudah menyerap warna, sehingga dalam sel yang sedang membelah, kromosom dapat kamu lihat dengan menggunakan mikroskop biasa. Akan tetapi untuk mempelajari struktur halusny, tetap harus digunakan mikroskop elektron. Pada saat sel tidak sedang membelah, kromosom berbentuk benang-benang halus yang disebut benang-benang kromatin.

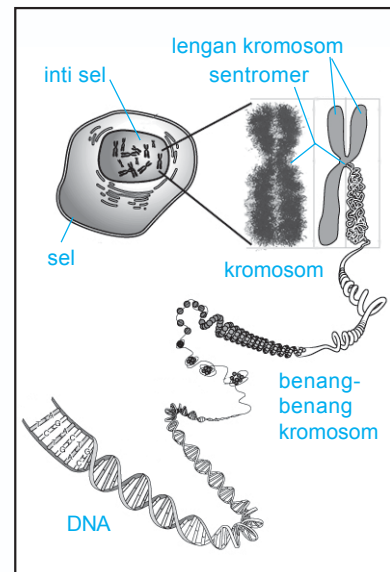
Kromosom berbentuk seperti batang (**Gambar 3.2**). Jika kamu amati dengan teliti, setiap kromosom memiliki dua buah lengan yang dihubungkan oleh *sentromer*. Pada kromosom, terdapat benang-benang halus yang melingkar-lingkar. Di sepanjang benang-benang halus inilah terletak gen. Gen terdiri dari untai-untai DNA. Setiap gen menempati tempat tertentu di dalam kromosom. Tempat suatu gen di dalam kromosom disebut sebagai lokus gen.

Pada makhluk tingkat tinggi, sel tubuh (*sel somatik*) mengandung satu pasang kromosom yang diterima dari kedua induk/orang tuanya. Kromosom-kromosom yang berasal dari induk betina bentuknya serupa dengan yang berasal dari induk jantan. Maka sepasang kromosom itu disebut *kromosom homolog*. Karena itu jumlah kromosom dalam sel tubuh dinamakan *diploid* ( $2n$ ). Tetapi pada sel kelamin (gamet) hanya mengandung setengah dari jumlah kromosom yang terdapat di dalam sel somatik. Karena itu jumlah kromosomnya dinamakan *haploid* ( $n$ ). Satu pasang kromosom haploid dari satu spesies dinamakan *genom*. Jumlah kromosom yang dimiliki berbagai makhluk tidak sama. Perhatikan jumlah kromosom beberapa makhluk hidup pada **Tabel 3.1** berikut ini.



**Gambar 3.1** Anggota keluarga memiliki persamaan dan perbedaan sifat.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



**Gambar 3.2** Di dalam inti sel terdapat kromosom. Kromosom berfungsi sebagai pembawa informasi genetik.

**Sumber:** [www.under-one-roof.net](http://www.under-one-roof.net)



**Tabel 3.1** Jumlah kromosom pada beberapa makhluk hidup.

No	Hewan	Jumlah Kromosom
1.	Manusia	46
2.	Kelinci	64
3.	Kucing	38
4.	Anjing	78
5.	Sapi	60
6.	Kera	48
7.	Lalat rumah	12
8.	Ayam	78
9.	Padi	24
10.	Jagung	20
11.	Ercis	14

Kromosom pada manusia dan makhluk hidup yang berkembang biak secara seksual dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1. *Autosom* yaitu kromosom yang mengatur sifat-sifat tubuh selain jenis kelamin. Kromosom tubuh (autosom) manusia ada 22 pasang atau berjumlah 44 buah.
2. *Gonosom* atau *kromosom seks*, yaitu kromosom yang khusus menentukan jenis kelamin. Kromosom seks manusia berjumlah satu pasang atau 2 buah. Seorang laki-laki mempunyai kromosom XY, sedangkan seorang wanita mempunyai kromosom XX.

Dengan demikian jumlah kromosom pada manusia adalah 23 pasang atau 46 buah. Kromosom laki-laki ditulis 44AA + XY, sedangkan kromosom wanita ditulis 44AA + XX.

### Tokoh Sains

**Gregor John Mendel**



**Mendel** (1822 – 1884) adalah seorang rahib Austria di kota Brunin yang mengawali penelitian genetika secara ilmiah. Mendel melakukan percobaan pada tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*) selama 12 tahun. Sebelum menjadi rahib, Mendel pernah gagal ketika menempuh ujian untuk mendapatkan sertifikat guru pada tahun 1850. Ironisnya, ia mendapatkan nilai terendah untuk biologi dan geologi.

### Tugas 3.1

Carilah informasi letak kromosom pada organisme prokariot (misalnya bakteri). Samakah kromosomnya dengan kromosom organisme eukariotik (misalnya hewan dan tumbuhan).



## B Persilangan

Persilangan adalah proses menggabungkan dua sifat yang berbeda dan diharapkan mendapatkan sifat yang baik bagi keturunannya. Orang yang pertama kali menyelidiki perkawinan silang dan menganalisa hasilnya dengan teliti ialah **Gregor Mendel**. Ia mengumpulkan beberapa jenis kacang ercis (*Pisum sativum*) untuk dipelajari perbedaannya satu sama lain dan melakukan percobaan perkawinan silang pada tanaman ercis tersebut. Alasan Mendel memilih tanaman kacang ercis adalah sebagai berikut.

1. Tanaman ini hidupnya tak lama (merupakan tanaman setahun), mudah tumbuh, dan mudah disilangkan.
2. Memiliki bunga sempurna artinya dalam bunganya terdapat benang sari (alat kelamin jantan) dan putik (alat kelamin betina), sehingga biasanya terjadi penyerbukan sendiri. Perkawinan silang dapat dilakukan oleh pertolongan manusia. Penyerbukan sendiri yang berlangsung beberapa generasi terus-menerus akan menghasilkan *galur murni* yaitu keturunan yang selalu memiliki sifat yang sama dengan induknya.
3. Tanaman ini memiliki tujuh sifat dengan perbedaan yang menyolok, seperti batang tinggi lawan kerdil, buah polongan berwarna hijau lawan kuning, bunga berwarna ungu lawan putih, bunganya terletak *aksial* (sepanjang batang) lawan *terminal* (pada ujung batang), biji yang masak berwarna hijau lawan kuning, permukaan biji licin lawan berkerut, dan warna kulit biji abu-abu lawan putih.



**Gambar 3.3** Tanaman ercis yang digunakan dalam percobaan Mendel.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

Pada saat itu, Mendel belum mengetahui bentuk dan susunan kromosom dan gen sebagai pembawa sifat. Mendel menyebut bahan keturunan itu sebagai *faktor tertentu*. Sekarang kamu mengetahui bahwa *faktor penentu* itu adalah *gen*. Dengan diketemukannya kromosom (yaitu benda-benda halus berbentuk batang lurus atau bengkok di dalam sel), maka **Wilhelm Roux** berpendapat bahwa kromosom ialah pembawa sifat keturunan. Pendapat ini diperkuat oleh eksperimen **T. Boveri** dan **W.S. Sutton** (1902) yang membuktikan bahwa gen ialah bagian dari kromosom. Teori ini dikenal dengan *teori kromosom*. Kemudian diketahui juga bahwa gen diwariskan dari orang tua kepada keturunannya lewat gamet atau sel kelamin.

Sebelum mempelajari persilangan Mendel, kamu perlu mengenal terlebih dulu penggunaan beberapa simbol (tanda) yang sering digunakan dalam mempelajari genetika.

P : induk/parental (orang tua)

F : keturunan/filial (*fillus*)

F<sub>1</sub> : keturunan pertama

F<sub>2</sub> : keturunan kedua

♂ : tanda kelamin jantan

♀ : tanda kelamin betina

Gen biasanya diberi simbol dengan huruf pertama dari suatu sifat. *Gen dominan* dinyatakan dengan huruf besar, sedangkan *gen resesif* dengan huruf kecil, misalnya:

T : simbol untuk gen yang menentukan batang tinggi

t : simbol untuk gen yang menentukan batang kerdil

Oleh karena tanaman itu merupakan individu diploid, maka simbol tanaman ditulis dengan huruf dobel, misalnya:

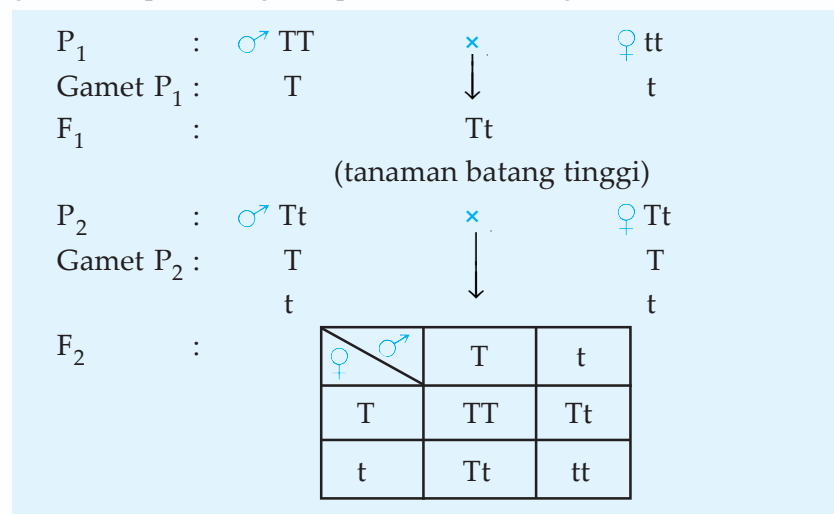
TT : simbol untuk tanaman berbatang tinggi

tt : simbol untuk tanaman berbatang kerdil

Dari perkawinan silang yang dilakukan Mendel pada tanaman ercis berbatang tinggi dengan yang berbatang kerdil, maka semua tanaman keturunan pertama seragam berbatang tinggi. Suatu tanda bahwa sifat batang tinggi mengalahkan sifat

batang kerdil. Sifat demikian disebut *sifat dominan*, sedangkan sifat yang dikalahkan disebut *sifat resesif*. Jika keturunan pertama dibiarkan menyerbuk sendiri, didapatkan keturunan kedua yang memperlihatkan pemisahan sifat dengan perbandingan kira-kira 3/4 batang tinggi dan 1/4 batang kerdil.

Percobaan Mendel tersebut di atas dapat diikuti secara genetika seperti diagram perkawinan sebagai berikut.



Dari diagram papan catur di atas, terlihat bahwa keturunan pada F<sub>2</sub> adalah:

- TT = berbatang tinggi
- 2 Tt = berbatang tinggi
- tt = berbatang pendek/kerdil

Dengan demikian perbandingan tanaman berbatang tinggi : batang kerdil = 3 : 1.

Sifat keturunan yang dapat kamu amati atau lihat (misalnya warna, bentuk, dan ukuran) dinamakan *fenotipe*. Sedangkan sifat dasar yang tak tampak dan tetap (tidak berubah karena lingkungan) pada suatu individu dinamakan *genotipe* (misalnya TT dan tt).

Anggota dari sepasang gen yang terletak pada posisi yang sama pada pasangan kromosom disebut *alel*. Misalnya T menentukan sifat tinggi pada batang, sedangkan t menentukan batang kerdil. Maka T dan t merupakan alel. Tetapi andaikan R adalah gen yang menentukan warna merah bunga, maka T dan r bukan alel.

*Homozigot* ialah individu yang genotipenya terdiri dari alel yang sama (misalnya TT dan tt), sedangkan *heterozigot* adalah individu yang genotipenya terdiri dari pasangan alel yang tidak sama (misalnya Tt). *Homozigot* dapat dibedakan atas *homozigot dominan* (TT) dan *homozigot resesif* (tt). Fenotipe dua individu dapat sama meskipun genotipenya berbeda. Misalnya tanaman berbatang tinggi dapat mempunyai genotipe TT atau Tt.

Untuk mengetahui sifat-sifat yang dominan dan resesif pada manusia, amatilah sifat-sifat yang ada dalam keluargamu dengan melakukan **Kegiatan 3.1** berikut ini.

### Info Sains

#### Gen Letal

Gen yang dapat menyebabkan kematian pada makhluk hidup disebut "gen letal". Apabila suatu organisme memiliki gen letal, maka pertumbuhan dan perkembangan organisme tersebut dapat terganggu. Beberapa contoh gen letal pada manusia adalah gen THTH dan THth pada penderita talasemia dan gen ss pada penderita sickle cell anemia.



### Kegiatan 3.1

#### Sifat-Sifat Dominan dan Resesif

##### Tujuan

Mengetahui sifat-sifat yang dominan dalam keluarga.

##### Bahan

Seluruh anggota keluarga.

##### Langkah Kerja

1. Datalah seluruh anggota keluargamu, lalu amati ciri-ciri organ tubuhnya meliputi warna kulit, bentuk rambut, bentuk hidung, dan warna mata.
2. Tuliskan hasilnya dalam bentuk tabel pengamatan.
3. Bandingkan dengan data anggota keluarga temanmu. Diskusikan dengan kelompokmu, manakah yang termasuk sifat dominan dan sifat resesif.

##### Pertanyaan

1. Sebutkan sifat yang paling banyak dari warna kulit dan warna mata!
2. Sebutkan yang paling sedikit bentuk rambut dan bentuk hidung!
3. Jelaskan mana sifat yang dapat dikatakan dominan dan jelaskan alasannya!
4. Buatlah kesimpulan tentang sifat yang dominan dan resesif!

Hasil perkawinan antara dua individu yang mempunyai sifat beda dinamakan *hibrid*. Jadi tanaman  $F_1$  pada contoh di depan merupakan hibrid. Berdasarkan banyaknya sifat beda yang terdapat pada suatu individu, maka perkawinan/persilangan dapat dibedakan menjadi monohibrid, dihibrid, trihibrid, dan seterusnya. Perkawinan monohibrid ialah perkawinan dengan memperhatikan satu sifat beda (misalnya Aa), dihibrid ialah perkawinan dengan memperhatikan dua sifat beda (misalnya AaBb), dan trihibrid ialah perkawinan dengan tiga sifat beda (misalnya AaBbCc).

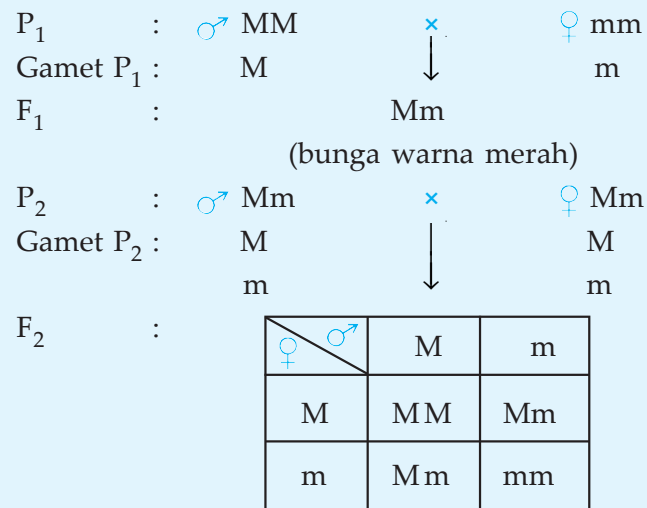
#### 1. Persilangan Monohibrid

Persilangan/perkawinan monohibrid ialah perkawinan antara dua individu dengan memperhatikan satu sifat beda. Percobaan Mendel yang menyilangkan ercis berbatang tinggi dengan ercis berbatang pendek merupakan contoh perkawinan monohibrid.

Setiap makhluk hidup memiliki banyak sifat yang dapat diamati. Untuk memudahkan dalam mempelajari persilangan, kamu boleh hanya memperhatikan salah satu sifat yang dimiliki. Contohnya tanaman ercis memiliki banyak sifat yang mudah diamati seperti sifat tinggi tanaman, warna bunga, kedudukan bunga, bentuk polong, warna polong, bentuk biji, dan warna biji. Jika dilakukan persilangan dengan memperhatikan semua sifat beda itu, maka persilangan akan menjadi rumit. Dalam persilangan monohibrid, hanya diperhatikan salah satu sifat seperti tinggi tanaman saja, warna polong saja, atau sifat yang lain.

### a. Sifat Dominan dan Resesif

Perkawinan monohibrid ada yang menunjukkan sifat yang bersifat *dominan* saja atau *resesif* saja, jadi tidak ada sifat yang bersifat antara atau *intermediet*. Contohnya tanaman kacang ercis berbunga merah dikawinkan dengan yang berbunga putih. Turunan pertamanya ( $F_1$ ) seluruhnya berbunga merah. Apabila turunan pertama disilangkan dengan sesamanya ternyata keturunan kedua ( $F_2$ ) terdiri atas tanaman ercis berbunga merah dan putih dengan perbandingan 3 : 1. Apabila gen untuk warna merah bunga dilambangkan M, sedangkan gen untuk warna putih dilambangkan m, proses penyilangannya akan tampak sebagai berikut.



Maka terlihat bahwa perbandingan fenotipe  $F_2$  adalah bunga merah : bunga putih = 3 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya adalah MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1.

Setiap genotipe yang mengandung M besar, maka akan berwarna merah. Maka gen M dan warna bunga merah bersifat dominan. Namun jika tidak mengandung M, maka termasuk warna putih artinya m bersifat resesif. Juga tidak dihasilkan keturunan yang warna bunganya merah muda (warna antara merah dan putih).

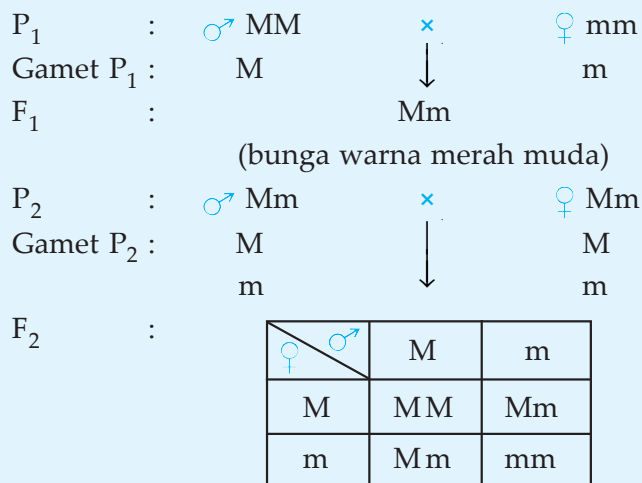
### Info Sains

#### Pemanfaatan Sifat Intermediet

Dominasi tidak lengkap atau sifat intermediet dapat dimanfaatkan oleh petani untuk menghasilkan bunga dari spesies yang sama tetapi warna yang berbeda. Para petani dapat melakukan penyerbukan silang antarbunga yang berbeda warna. Namun tidak semua tanaman menunjukkan sifat intermediet pada warna bunganya.

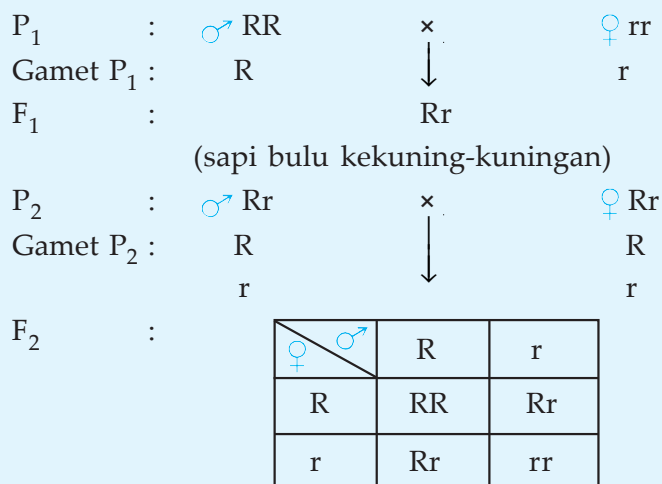
### b. Sifat Intermediet

Persilangan monohibrid tidak selalu memperlihatkan sifat dominan resesif, tapi ada pula keturunan yang mempunyai sifat diantara keduanya. Contohnya pada perkawinan silang tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*). Jika sebuk sari berasal dari tanaman homozigot berbunga merah (genotipe MM) disilangkan dengan putik dari tanaman homozigot berbunga putih (genotipe mm). Diagram persilangannya dapat digambarkan sebagai berikut.



Maka perbandingan fenotipe  $F_2$  adalah bunga merah : bunga merah muda : bunga putih = 1 : 2 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya adalah MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1. Warna bunga merah hanya terjadi bila gen M bertemu dengan M. Jika gen m bertemu dengan m dihasilkan bunga warna putih. Namun bila gen M bertemu dengan m dihasilkan keturunan dengan warna gabungan yaitu merah muda. Sifat ini disebut *sifat intermediet*.

Contoh yang lain misalnya pada sapi yang memiliki bulu merah R disilangkan dengan bulu putih r. Persilangannya dapat digambarkan sebagai berikut.



Maka perbandingan fenotipe  $F_2$  adalah sapi bulu merah : sapi bulu kekuning-kuningan : sapi bulu putih = 1 : 2 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya = RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1.

## 2. Persilangan Dihibrid

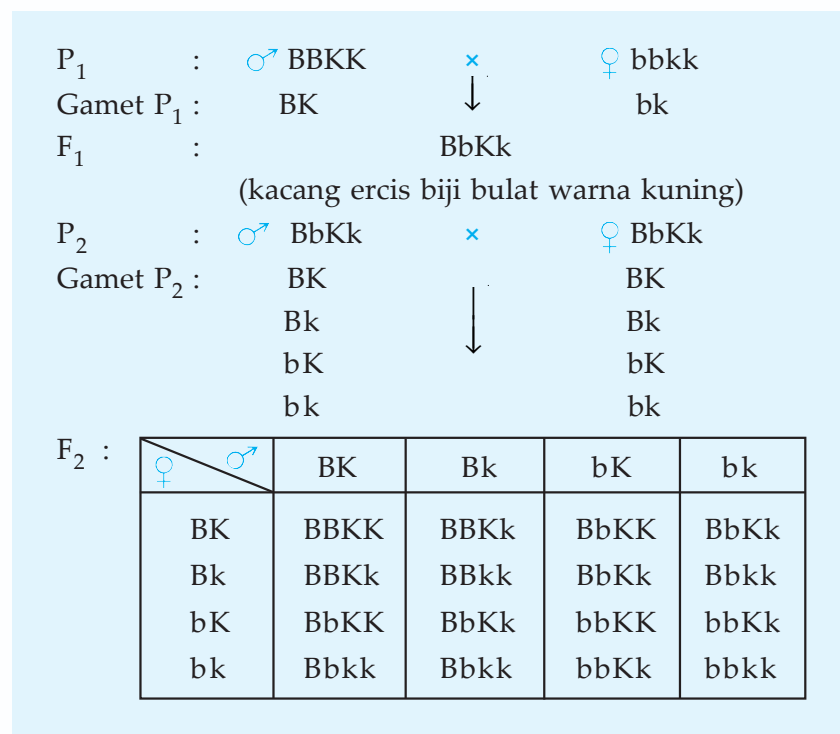
Persilangan dihibrid ialah persilangan dengan dua sifat beda. Contohnya hasil percobaan Mendel pada biji tanaman ercis.



Pada biji ercis, kamu dapat mengamati 2 sifat beda, yaitu bentuk biji dan warna biji. Kedua sifat beda itu ditentukan oleh gen-gen sebagai berikut:

- B : gen untuk biji bulat  
 b : gen untuk biji keriput  
 K : gen untuk biji kuning  
 k : gen untuk biji hijau

Jika tanaman ercis berbiji bulat - kuning homozigot (BBKK) disilangkan dengan tanaman ercis berbiji keriput - hijau (bbkk), maka semua tanaman  $F_1$  berbiji bulat - kuning. Apabila tanaman-tanaman  $F_1$  ini dibiarkan menyerbuk sendiri, maka tanaman ini akan membentuk 4 macam gamet baik jantan maupun betina, masing-masing dengan kombinasi BK, Bk, bK, dan bk. Perhatikan diagram persilangan berikut.



Pada  $F_2$  diperoleh  $4 \times 4 = 16$  kombinasi, terdiri atas empat macam fenotipe yaitu tanaman berbiji bulat - kuning (9/16), berbiji bulat-hijau (3/16 bagian), berbiji keriput - kuning (3/16 bagian), dan berbiji keriput - hijau (1/16 bagian).

Jadi, pada persilangan dihibrid dapat disimpulkan bahwa pada  $F_2$  diperoleh:

- jumlah kombinasi : 16 macam
- jumlah genotipe : 9 macam
- jumlah fenotipe : 4 macam
- rasio perbandingan fenotipe antara biji bulat - kuning : biji bulat - hijau : biji keriput - kuning : biji keriput - hijau adalah 9 : 3 : 3 : 1.

**Tabel 3.2** Sifat genotipe dan fenotipe turunan kedua ( $F_2$ ).

No.	Genotipe	Fenotipe	Jumlah
1.	BBKK	bulat - kuning	1
2.	BBKk	bulat - kuning	2
3.	BbKK	bulat - kuning	2
4.	BbKk	bulat - kuning	4
5.	Bbkk	bulat - hijau	2
6.	BBkk	bulat - hijau	1
7.	bbKk	keriput - kuning	2
8.	bbKK	keriput - kuning	1
9.	Bbkk	keriput - hijau	1

### 3. Perkembangan dengan Sifat Ajek

Sifat ajek merupakan sifat yang terus-menerus diwariskan oleh induk kepada keturunannya tanpa adanya perubahan. Contoh tanaman yang memiliki sifat ajek adalah tanaman apel yang berbuah besar, berasa manis, dan tahan terhadap penyakit. Apabila individu betina dan jantan memiliki sifat ketiga tersebut lalu mengadakan persilangan, maka kemungkinan keturunannya juga memiliki sifat berbuah besar, berasa manis, dan tahan terhadap penyakit. Hal ini mengandung ketentuan bahwa sifat buah besar dominan terhadap buah tidak besar, sifat rasa manis dominan terhadap sifat rasa tidak manis, dan sifat tahan terhadap penyakit dominan terhadap sifat yang rentan penyakit. Tentunya kedua individu yang dipersilangkan adalah individu homozigot.

Perhatikan contoh persilangannya dengan dua sifat beda (persilangan dihibrid) berikut ini. Misalnya gen yang menentukan buah besar adalah M dan gen yang menentukan rasa manis adalah M.

Sifat berbuah besar : BB (homozigot, dominan)

Sifat berasa manis : MM (homozigot, dominan)

$P_1$	:	♂ BBMM	×	♀ BBMM
Gamet $P_1$	:	BM	↓	BM
		BM		BM
$F_1$	:	BBMM, BBMM, BBMM, BBMM		

Pada persilangan di atas, terlihat kemungkinan sifat  $F_1$  sama semua, yaitu BBMM yang berarti berbuah besar dan berasa manis. Apabila persilangan diulang lagi sampai  $F_2$ , maka akan menghasilkan keturunan yang sama, hingga pada persilangan seterusnya ( $F_n$ ) akan mempunyai keturunan yang sama. Inilah yang disebut perkembangbiakan dengan sifat ajek.

Contoh tanaman lain yang hampir dapat dipastikan keajekannya adalah tanaman yang dikembangbiakkan secara vegetatif dan kloning. Misalnya umbi lapis pada bawang merah,

#### Info Sains

##### Persilangan Anggrek

Anggrek sangat mudah disilangkan antarberbagai jenis, baik secara alamiah maupun buatan, sehingga disebut sebagai tanaman yang memiliki banyak silangan.

cangkok pada mangga, dan stek pada ubi kayu. Tetapi kamu harus ingat bahwa gen bukan satu-satunya faktor yang menentukan sifat suatu organisme. Di kelas VIII bab 1 kamu telah mengetahui bahwa nutrisi dan faktor lingkungan memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme. Jadi faktor yang menentukan sifat organisme adalah gen, nutrisi, dan lingkungan.

#### 4. Peranan Persilangan bagi Kehidupan Manusia

Persilangan merupakan cara yang penting dalam pemuliaan untuk menghasilkan bibit hewan maupun tanaman yang unggul. Jika kamu mempunyai tanaman jeruk yang berbuah kecil tapi manis dan tanaman jeruk berbuah besar tapi masam dan kamu menginginkan memperoleh tanaman jeruk dengan buah yang besar dan rasa yang manis, maka kamu dapat menyilangkannya. Diharapkan diperoleh keturunan yang berbuah besar dan rasanya manis. Jika sudah diperoleh, tanaman ini kemudian diperbanyak secara vegetatif agar sifatnya tidak berubah. Jadi penemuan bibit tanaman ataupun hewan yang unggul dapat diperoleh melalui proses persilangan.

##### Tugas 3.2

Pada kelinci, bulu hitam (H) dominan terhadap bulu putih (h). Bulu kasar (R) dominan terhadap bulu halus (r). Seekor kelinci bulu hitam kasar dikawinkan dengan kelinci bulu putih halus. Semua keturunan pertamanya ( $F_1$ ) berbulu hitam kasar. Jika keturunan pertama dikawinkan sesamanya, tentukan genotipe, fenotipe, dan perbandingan fenotipe yang dihasilkan pada  $F_2$ . Diskusikan dengan temanmu untuk membuat diagram persilangan.



#### Pewarisan Sifat pada Manusia

Pada manusia telah diketahui cukup banyak sifat yang diturunkan, misalnya albino, kemampuan merasakan rasa pahit atau tes *phenyl thiocarbamida* (PTC), mata biru, rambut ikal, ayan, dan kencing manis. Berikut ini beberapa contoh sifat dan penyakit keturunan pada manusia dan cara pewarisannya.

##### 1. Albino

Penderita albino mempunyai gangguan pada pembentukan pigmen melanin, sehingga rambut dan kulitnya berwarna putih (bule). Penglihatan penderita albino juga sangat peka terhadap cahaya. Sifat albino dikendalikan oleh gen resesif *a*, sedangkan alelnya gen *A* menentukan sifat yang normal. Jadi penderita albino mempunyai genotipe *aa*, sedangkan orang yang normal mempunyai fenotipe *AA* atau *Aa*.

Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang pria normal homozigot (*AA*) menikah dengan wanita albino (*aa*). Berapa persen kemungkinan mempunyai anak yang menderita albino?



**Gambar 3.4** Pembentukan melanin pada penderita albino mengalami abnormalitas.

Sumber: Microsoft Student, 2006



## 2. Sifat Pengecap PTC

Suatu bahan kimia sintetis *phenyl thiocarbamida* (PTC) dapat digunakan untuk menyelidiki apakah orang dapat merasakan rasa pahit atau tidak. Orang yang dapat mengecap rasa pahitnya PTC disebut pengecap (*taster*), sedang yang tidak merasakan pahitnya PTC disebut buta kecap (*nontaster*). Kemampuan untuk merasakan rasa pahit ditentukan oleh gen dominan T, sehingga seorang pengecap dapat mempunyai genotipe TT atau Tt. Alelnya resesif t menyebabkan orang tidak merasakan pahitnya PTC. Jadi orang yang buta kecap memiliki genotipe tt.

Coba, buatlah diagram perkawinan dari pasangan suami dan istri yang memiliki sifat pengecap yang heterozigotik. Tentukan pula ratio genotipe dan fenotipe anak/keturunan mereka.

## 3. Kencing Manis (*Diabetes Melitus*)

Pada bab 1 kamu telah mempelajari kencing manis sebagai kelainan pada sistem ekskresi ginjal. Kencing manis atau sakit gula adalah suatu penyakit metabolisme pada tubuh manusia yang disebabkan karena pankreas kurang menghasilkan insulin. Akibatnya kadar gula dalam darah tinggi sekali dan sebagian dibuang melalui air kencing. Penyakit kencing manis dapat membahayakan jiwa penderitanya, misalnya dapat mengakibatkan luka sukar disembuhkan.

Dahulu penyakit ini diduga disebabkan oleh pola makanan yang tidak teratur, tidur tidak teratur, dan gaya hidup. Namun penyelidikan lebih lanjut diketahui bahwa kencing manis disebabkan oleh kurangnya produksi insulin dari pankreas. Sifat ini ditentukan oleh gen resesif d. Jika seseorang pada suatu waktu diketahui menderita diabetes, sedangkan kedua orang tuanya normal, maka dapat dipastikan bahwa kedua orang tua itu heterozigotik.

Coba kamu buat diagram persilangan antara kedua orang tua yang gennya heterozigotik. Tentukan genotipe, fenotipe, dan perbandingan genotipe dan fenotipe dari keturunannya.

## 4. Golongan Darah

Kamu sudah mempelajari golongan darah sistem AB0 di kelas VIII. Hubungan antara fenotipe dan genotipe golongan darah dapat digambarkan pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3.3** Genotipe dan fenotipe pada golongan darah sistem AB0.

Fenotipe Golongan Darah	Genotipe	Kemungkinan Macam Sel Gamet
A	$I^A I^A$ , $I^A I^0$	$I^A$ , $I^0$
B	$I^B I^B$ , $I^B I^0$	$I^B$ , $I^0$
AB	$I^A I^B$	$I^A$ , $I^B$
0	$I^0 I^0$	$I^0$
4 macam	6 macam	3 macam

### Info Sains

#### Perkawinan Sekerabat

Pernikahan dengan keluarga dekat memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk memperoleh gen resesif daripada pernikahan tanpa ikatan saudara, sehingga keturunannya dikhawatirkan membawa sifat penyakit menurun.



**Gambar 3.5** Olahraga secara teratur sangat berguna bagi penderita diabetes melitus.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Berdasarkan uraian tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa keberadaan antigen A dikendalikan oleh gen  $I^A$ , antigen B dikendalikan gen  $I^B$ . Gen  $I^O$  bersifat resesif terhadap gen  $I^A$  maupun gen  $I^B$ .

Coba, buatlah diagram perkawinan dari orang tua yang bergolongan darah AB dan O. Berapa peluang memiliki anak bergolongan darah B? Mungkin pasangan suami istri yang bergolongan darah A mempunyai anak bergolongan darah O dan B?

## 5. Kelainan Bawaan pada Manusia Bersifat Menurun

Beberapa kelainan pada manusia diturunkan melalui autosom atau kromosom seks baik bersifat dominan ataupun resesif. Kelainan yang diwariskan melalui kromosom seks antara lain buta warna dan hemofili. Kedua kelainan ini diwariskan melalui kromosom X. Sedangkan penyakit keturunan yang diwariskan melalui autosom dominan antara lain jari pendek (*brachidaktili*), jari bergabung (*sindaktilli*), dan jari lebih dari lima (*polidaktili*).

### a. Buta Warna

Gen buta warna terpaut pada kromosom X dan bersifat resesif (c). Gen normal (C) bersifat dominan terhadap gen buta warna (c). Gen buta warna akan berpengaruh dan menyebabkan buta warna ketika tidak bersama dengan gen normal (C). Maka kemungkinan genotipe yang dapat terjadi sebagai berikut.

- $X^cY$  : pria buta warna
- $X^CY$  : pria normal
- $X^CX^C$  : wanita normal
- $X^CX^c$  : wanita pembawa sifat buta warna (*karier*)
- $X^cX^c$  : wanita buta warna

Jadi jika seorang pria buta warna menikah dengan wanita normal, kemungkinan keturunannya adalah sebagai berikut.

P <sub>1</sub>	:	♀ X <sup>C</sup> X <sup>C</sup>	×	♂ X <sup>c</sup> Y						
Gamet P <sub>1</sub>	:	X <sup>C</sup>	↓	X <sup>c</sup> Y						
F <sub>1</sub>	:	<table border="1"> <tr> <td>♀ \ ♂</td> <td>X<sup>c</sup></td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>X<sup>C</sup></td> <td>X<sup>C</sup>X<sup>c</sup></td> <td>X<sup>C</sup>Y</td> </tr> </table>			♀ \ ♂	X <sup>c</sup>	Y	X <sup>C</sup>	X <sup>C</sup> X <sup>c</sup>	X <sup>C</sup> Y
♀ \ ♂	X <sup>c</sup>	Y								
X <sup>C</sup>	X <sup>C</sup> X <sup>c</sup>	X <sup>C</sup> Y								

Hasilnya adalah  $X^CX^c$  yaitu wanita normal tetapi karier (membawa sifat) buta warna dan  $X^CY$  yaitu pria dengan penglihatan normal. Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang pria buta warna menikah dengan wanita normal tetapi karier buta warna.

### b. Hemofili

Hemofili ialah penyakit keturunan pada manusia yang menyebabkan darah sukar membeku ketika terjadi luka. Hal ini disebabkan karena tidak adanya faktor pembeku darah. Hemofili diwariskan melalui kromosom X dengan gen

### Info Sains

#### Buta Warna

Orang yang buta warna mengalami gangguan salah satu tipe sel kerucut (sensor warna), untuk mendeteksi warna merah, hijau, atau biru. Gejala buta warna yang paling umum adalah buta warna hijau dan merah. Yaitu ketidakmampuan untuk membedakan kedua warna tersebut.

penyebab hemofili yang bersifat resesif. Gen hemofili (h) bersifat resesif terhadap gen normal (H). Gen H dan gen h tersebut terpaut pada kromosom X, bukan kromosom Y. Hemofili akan muncul jika gen h tidak bersama gen H. Sehingga pria yang menderita hemofili akan memiliki kromosom seks dengan genotipe  $X^hY$ . Wanita hemofili tidak dijumpai karena bersifat letal (mati dalam kandungan). Genotipe yang mungkin terjadi ialah sebagai berikut.

$X^HY$  : pria normal  
 $X^hY$  : pria hemofili  
 $X^HX^H$  : wanita normal  
 $X^HX^h$  : wanita pembawa sifat hemofili (karier hemofili)  
 $X^hX^h$  : wanita hemofili (bersifat letal/mati)

Jika seorang wanita normal karier menikah dengan pria normal, akan diperoleh keturunan sebagai berikut.

$P_1$  : ♀  $X^H X^h$

Gamet  $P_1$  :  $X^H$   
 $X^h$

$F_1$  :

×

↓

♂  $X^H Y$

$X^H$   
 $Y$

<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 5px;">♀</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; border-right: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">♂</div> </div>	$X^H$	$Y$
$X^H$	$X^H X^H$	$X^H Y$
$X^h$	$X^H X^h$	$X^h Y$

Fenotipe  $F_1$  adalah:
   
 $X^HX^H$  : wanita normal
   
 $X^HX^h$  : wanita karier hemofili
   
 $X^HY$  : pria normal
   
 $X^hY$  : pria hemofili

Dari diagram di atas, tampak bahwa fenotipe yang dihasilkan adalah 75% normal dan 25% hemofili. Yang berfenotipe normal (75%) terdiri dari satu orang wanita normal, satu orang pria normal, dan satu orang wanita normal karier.

### c. Jari Lebih (*Polidaktili*)

Polidaktili ditentukan oleh gen dominan P, sedang alelnya resesif p menentukan jari normal. Penderita polidaktili mempunyai jari tangan atau jari kaki (atau jari tangan dan kaki) lebih dari 5. Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang ibu normal mempunyai suaminya penderita polidaktili. Bagaimanakah kemungkinan genotipe dan fenotipe keturunannya?



**Gambar 3.6** Penderita *polidaktili* mempunyai kalainan pada jumlah jari pada kaki atau tangan.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

## Latihan 3.1

1. Mengapa tidak dijumpai wanita penderita hemofili yang hidup sampai dewasa?
2. Penyakit genetik dapat dicegah, antara lain dengan menghindari perkawinan dengan kerabat dekat, misalnya perkawinan dengan saudara kandung atau saudara sepupu. Diskusikan dengan temanmu, mengapa perkawinan dengan kerabat dekat dapat menyebabkan munculnya penyakit keturunan.



## Rangkuman

- Gen dan kromosom merupakan substansi yang bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat kepada keturunannya. Gen terdapat di dalam lokus-lokus kromosom, dan kromosom pada sel eukariotik terdapat di dalam inti sel.
- Jumlah kromosom setiap makhluk hidup berbeda-beda. Kromosom pada sel tubuh umumnya bersifat diploid ( $2n$ ), sedangkan kromosom pada sel kelamin bersifat haploid ( $n$ ). Kromosom yang menentukan sifat selain jenis kelamin disebut autosom, sedangkan sel yang menentukan jenis kelamin suatu individu disebut gonosom atau kromosom seks.
- Persilangan monohibrid adalah persilangan dengan memperhatikan satu sifat beda. Perbandingan genotipe pada  $F_2$  adalah  $1 : 2 : 1$ . Persilangan monohibrid ada yang bersifat dominan – resesif (perbandingan fenotipe  $F_2 = 3 : 1$ ) dan ada yang bersifat intermediet (perbandingan fenotipe  $F_2 = 1 : 2 : 1$ )
- Persilangan dihibrid merupakan persilangan dengan memperhatikan dua sifat beda. Perbandingan fenotipe pada  $F_2$  adalah  $9 : 3 : 3 : 1$ .
- Pada manusia, terdapat beberapa sifat dan penyakit yang bersifat menurun. Misalnya adalah albino, sifat pengecap PTC, kencing manis, golongan darah, buta warna, hemofili, dan polidaktili. Penyakit genetis bersifat menurun dan tidak dapat disembuhkan, tetapi dapat dihindari dengan memperhatikan silsilah keluarga.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Pewarisan Sifat** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab IV, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan cara pewarisan sifat pada makhluk hidup?
2. Dapatkah kamu menjelaskan diagram persilangan monohibrid dan dihibrid serta menganalisa sifat genotipe dan fenotipe keturunannya?
3. Dapatkah kamu memberi contoh sifat-sifat yang diturunkan secara genetis dari orang tua kepada anaknya?
4. Dapatkah kamu menunjukkan beberapa kelainan bawaan pada manusia yang bersifat menurun?

## Latih Kemampuan

3

*Kerjakan di buku tugasmu!*

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Sifat warna ungu dan buahnya manis merupakan contoh ....
  - a. genotipe
  - b. persilangan
  - c. fenotipe
  - d. mutasi
2. Faktor pembawa sifat yang diwariskan dari induk pada keturunannya disebut ....
  - a. nukleus
  - b. lokus
  - c. alel
  - d. gen

3. Di dalam kromosom, gen menempati tempat-tempat tertentu yang disebut ....
  - a. sentromer                      c. lokus
  - b. alel                              d. aster
4. Kromosom yang menentukan jenis kelamin suatu individu disebut ....
  - a. kromosom tubuh
  - b. gonosom
  - c. autosom
  - d. haploid
5. Berikut ini yang bukan alasan Mendel menggunakan tanaman ercis untuk percobaannya adalah ....
  - a. memiliki pasangan-pasangan sifat yang kontras
  - b. merupakan bahan sayuran yang mudah ditemukan
  - c. mampu melakukan penyerbukan sendiri
  - d. cepat menghasilkan keturunan
6. Persilangan dua individu yang bersifat intermediet antara warna merah dan putih akan menghasilkan  $F_2$  dengan warna ....
  - a. merah, merah muda, dan putih
  - b. merah muda dan merah
  - c. merah muda dan putih
  - d. merah dan putih
7. Pada kelinci, bulu hitam (H) dominan terhadap bulu putih (h). Bulu kasar (R) dominan terhadap bulu halus (r). Seekor kelinci bulu hitam kasar dikawinkan dengan kelinci bulu putih halus. Semua keturunan pertamanya ( $F_1$ ) berbulu hitam kasar. Jika keturunan pertama dikawinkan sesamanya perbandingan fenotif kelinci bulu hitam kasar : hitam halus : putih kasar : putih halus yang dihasilkan pada  $F_2$  ialah....
  - a. 9 : 3 : 3 : 1                      c. 9 : 6 : 1
  - b. 12 : 3 : 1                        d. 15 : 1
8. Tumbuhan kacang ercis berbunga merah (MM) disilangkan dengan kacang ercis berbunga putih (mm). Keturunan pertamanya menghasilkan ercis dengan genotipe ....
  - a. MM                              c. mm
  - b. Mm                                d. MP
9. Persilangan antara mangga berbuah besar manis (BBMM) dengan mangga berbuah kecil masam (bbmm) akan menghasilkan  $F_1$  dengan genotipe ....
  - a. BBmm                              c. BbMM
  - b. BbMm                              d. bbMM
10. Sifat keriting ditentukan oleh gen K dan bersifat dominan terhadap rambut lurus yang ditentukan oleh gen k. Persentase munculnya individu keriting bila terjadi perkawinan antara  $Kk \times kk$  adalah ....
  - a. 25%                                c. 50%
  - b. 75%                                d. 100%
11. Jika disilangkan 2 individu galur murni untuk kedua sifat tersebut, kemudian keturunannya disilangkan dengan sesamanya, maka ....
  - a. 100%                                c. 75%
  - b. 50%                                d. 25%
12. Tiga jenis kelainan pada manusia yang biasa diturunkan dari generasi sebelumnya adalah ....
  - a. buta warna, anemia, dan leukemia
  - b. kencing manis, polio, dan epilepsi
  - c. buta warna, epilepsi, dan polio
  - d. kencing manis, buta warna, dan hemofili
13. Apabila kita mengadakan perkawinan silang maka keturunannya mempunyai sifat tertentu. Bila pada keturunannya hanya satu sifat yang tampak, maka sifat yang tampak ini disebut ....
  - a. intermediet                        c. resesif
  - b. dominan                            d. genotipe
14. Penyakit keturunan pada manusia yang terpaut dengan kromosom seks contohnya ....
  - a. albino                                c. brakhidaktili
  - b. buta warna                        d. diabetes melitus
15. Jika seorang wanita bergolongan darah A menikah dengan laki-laki bergolongan darah AB, maka jenis golongan darah yang tidak mungkin dijumpai pada anaknya adalah ....
  - a. A                                      c. AB
  - b. B                                      d. 0

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan tepat!

1. Jelaskan mengapa Mendel menggunakan kacang ercis dalam penelitiannya?
2. Seorang petani menyilangkan dua tanaman jeruk nipis dari galur murni. Tanaman jeruk nipis pertama berbuah lebat dan yang kedua berbuah jarang. Hasil persilangan ini adalah tanaman jeruk nipis berbuah lebat.
  - a. Tuliskan genotipe dari kedua induk tanaman jeruk di atas!
  - b. Tuliskan genotipe dari keturunan pertamanya ( $F_1$ )!
  - c. Bila tanaman jeruk nipis keturunan pertama disilangkan dengan sesamanya ( $F_1$ ), buatlah diagram persilangannya!
  - d. Tuliskan semua genotipe dan fenotipe pada keturunan kedua ( $F_2$ )!
  - e. Berapakah perbandingan fenotipe pada  $F_2$ ?
3. Suatu makhluk hidup memiliki genotipe BbMm.
  - a. Tentukan banyaknya gamet dan jenisnya!
  - b. Apabila B gen untuk ukuran besar dan m untuk rasa masam, maka tentukan fenotipe makhluk hidup itu?
4. Budi bergenotipe TtPp, di mana gen T = tinggi dan gen P = putih. Sebutkan gamet yang terbentuk dari Budi dan sebutkan fenotipe Budi itu!
5. Dua jenis sapi dikawinkan. Sapi A berfenotipe daya beranak tinggi dan produksi susu tinggi dengan genotipe AaTt. Sapi B berfenotipe daya beranak rendah produksi susu rendah, dengan genotipe aatt.
  - a. Tentukan banyaknya sapi yang beranak tinggi dan produksi susu tinggi!
  - b. Tentukan banyaknya sapi yang beranak tinggi dan produksi susu rendah!
  - c. Tentukan banyaknya sapi yang daya beranak rendah dan produksi susu tinggi!
  - d. Tentukan banyaknya sapi yang daya beranak rendah dan produksi susu rendah!

### Wacana Sains

#### Penyakit Genetis Iktiosis

Sampai bulan November 2006, di daerah Bali terdapat 26 penderita iktiosis. Selain di Bali, juga pernah dijumpai di Probolinggo, Jawa Timur. Penderita mempunyai kulit bersisik di sekujur tubuh, mirip kulit ular. Kulit itu terasa gatal, memerah, mengeras, dan mengelupas terutama di musim kemarau. Jika kulit yang gatal itu digaruk, akan terkelupas dan berdarah. Kondisi ini timbul sejak lahir dan konsisten selama bertahun-tahun.

Menurut **dr AAGP Wiraguna**, spesialis penyakit kulit dari RSUP Sanglah, Denpasar, penyakit kulit itu diturunkan secara genetis. Materi genetis orang tua mengalami mutasi (perubahan struktur dan sifat) dan diturunkan kepada anaknya sehingga mengganggu jaringan yang mendukung kulit. Jenis iktiosis bermacam-macam, ada yang ringan dan ada yang parah. Pada jenis iktiosis parah, dapat menyebabkan kematian beberapa hari setelah bayi dilahirkan. Sampai saat ini iktiosis belum dapat disembuhkan. Tetapi ada obat penghambat agar kulit tidak mudah mengelupas.

Berdasarkan penelusuran silsilah keturunan, diketahui bahwa hampir semua orang tua penderita iktiosis memiliki pertalian darah (suami – istri berasal dari kerabat dekat). Menurut Wiraguna, perkawinan antarkerabat dekat memang cenderung berdampak negatif. Gen-gen resesif atau yang berkaitan dengan sifat-sifat lemah berpeluang lebih besar untuk bersatu dan terwujud dalam berbagai penyakit, termasuk iktiosis. Jadi, sebisa mungkin kamu harus menghindari perkawinan dengan kerabat dekat.

Sumber: *Tempo*, 13 – 19 November 2006



## Bab IV

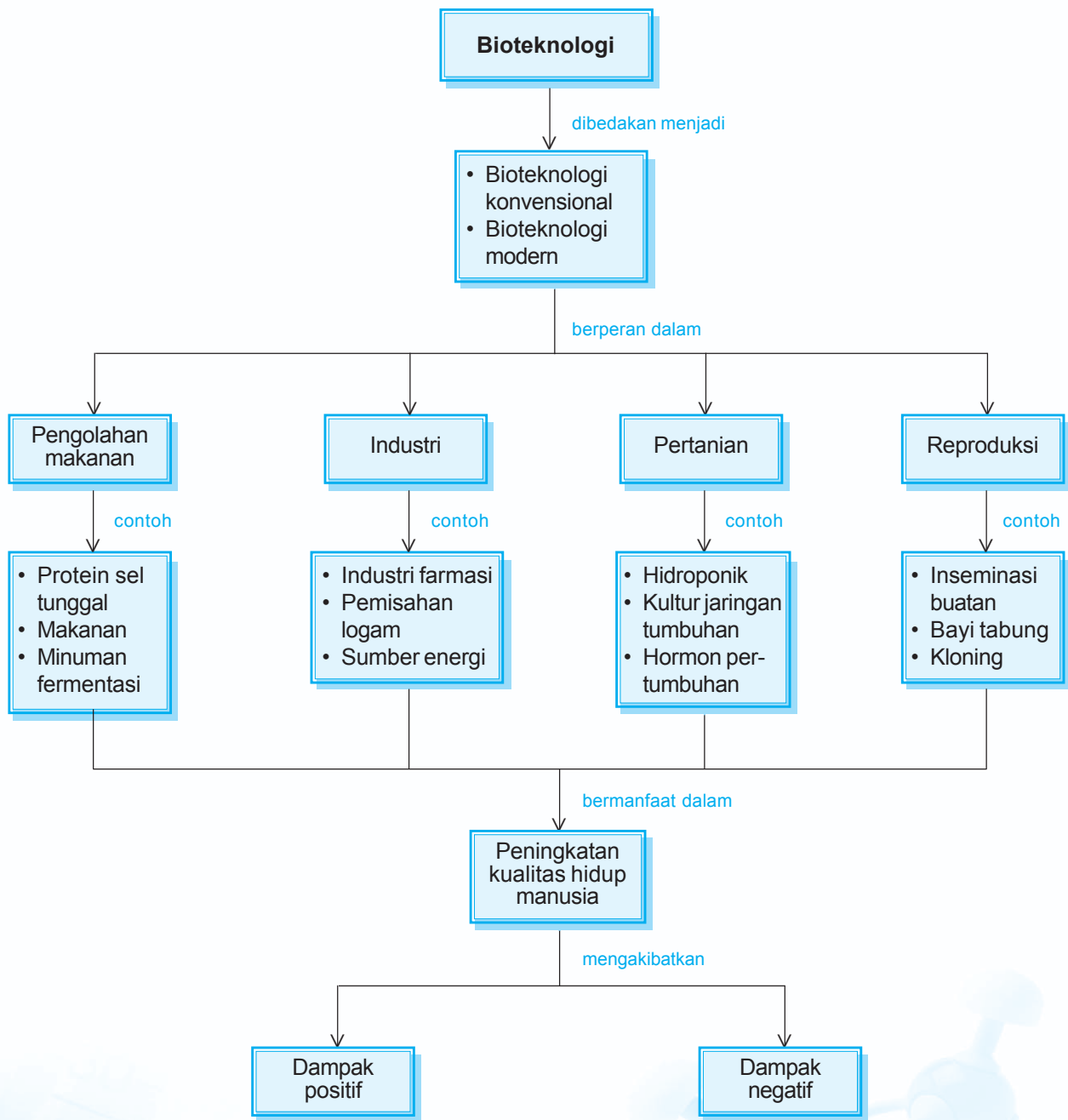
# Bioteknologi



Tempe adalah salah satu produk bioteknologi pangan yang mudah kamu jumpai sehari-hari. Penerapan bioteknologi dimaksudkan untuk mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan kehidupannya. Tahukah kamu, apakah yang dimaksud bioteknologi? Produk bioteknologi apa saja yang sering kamu gunakan dalam kehidupan sehari-hari?

Pada bab ini kamu akan mempelajari bioteknologi dan penerapannya dalam mendukung kelangsungan hidup manusia, khususnya dalam bidang produksi pangan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mendeskripsikan pengertian bioteknologi dan memberikan contoh produksi-produk bioteknologi khususnya bioteknologi yang berkaitan dengan produksi pangan.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- mikroorganisme
- kultur
- fermentasi
- reproduksi

Tahukah kamu apa yang disebut dengan bioteknologi? Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan organisme, sistem, atau proses biologi untuk menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Perkembangan bioteknologi didukung oleh perkembangan cabang ilmu yang lain yaitu mikrobiologi, genetika, fisika, kimia biokimia, fisiologi, dan lain-lain. Bioteknologi memberikan harapan besar untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dengan berbagai terobosan yang dilakukannya.

Bioteknologi telah dimanfaatkan sejak lama. Contohnya adalah pembuatan makanan dengan cara fermentasi seperti membuat tapai, peuyem, tuak, anggur sari buah, dan brem telah dilakukan bangsa Indonesia sejak dulu. Mikroorganisme sangat berperan dalam proses bioteknologi, karena mempunyai sifat dan kemampuan yang unik. Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai jenis pemanfaatan mikroorganisme.

Bioteknologi terus berkembang, dari bioteknologi sederhana/konvensional menjadi bioteknologi modern. Untuk memudahkan mengenal bioteknologi, kamu harus dapat membedakan bioteknologi modern dan bioteknologi tradisional/konvensional. Perbedaannya terletak pada prinsip-prinsip ilmiah yang digunakan. Bioteknologi konvensional masih menggunakan prinsip-prinsip ilmiah yang sederhana. Sedangkan bioteknologi modern telah menggunakan prinsip-prinsip genetika dan biologi molekuler. Jadi dalam bioteknologi konvensional belum melibatkan rekayasa genetika dan bioteknologi modern telah melibatkan rekayasa genetika.



**Gambar 4.1** Tempe dan peuyem merupakan produk bioteknologi konvensional.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



## A Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Bioteknologi

Mikroorganisme yang berperan dalam bioteknologi contohnya virus, bakteri, alga, jamur, maupun protozoa. Alasan penggunaan mikroorganisme dalam bioteknologi adalah perkembangannya sangat cepat, kemampuan metabolismenya sangat tinggi, dapat tumbuh di berbagai media, dapat tumbuh dan berkembang tanpa terpengaruh cuaca dan iklim, pertumbuhannya mudah dikontrol, dan sifat genetisnya mudah dimodifikasi. Oleh karena itu dalam proses bioteknologi, mikroorganisme ditumbuhkan dalam kondisi yang optimum sehingga efisiensi produksi sangat tinggi.

### 1. Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Produksi Pangan

Berbagai jenis mikroorganisme bersifat menguntungkan dan berguna untuk produksi bahan pangan manusia. Kamu tentu mengenal makanan seperti yoghurt, acar, sosis, roti, keju, tempe, oncom, kecap, dan tapai. Semua makanan tersebut memanfaatkan mikroorganisme dalam pembuatannya.



Mikroorganisme juga dimanfaatkan sebagai penghasil bahan pangan yang berprotein tinggi, atau dikenal sebagai *protein sel tunggal* (PST). Kelebihan mikroorganisme sebagai penghasil protein adalah mudah dibudidayakan, pertumbuhannya sangat cepat, dan kadar proteinnya sangat tinggi yaitu dapat mencapai 80%. Bandingkan dengan protein pada biji kedelai yang kadarnya sekitar 45%. Contoh organisme penghasil PST adalah ganggang *Chlorella* dan *Spirulina*.

Aneka produk makanan memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pengolahannya. Peranan mikroorganisme dalam pengolahan makanan ini adalah mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain, sehingga nilai gizinya lebih tinggi, zat gizi lebih mudah diserap dan dimanfaatkan, serta mempunyai cita rasa yang lebih menarik. Perhatikan beberapa contoh jenis makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya pada **Tabel 4.1** berikut ini.

**Tabel 4.1** Produk makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya.

No.	Produk Makanan	Bahan Mentah	Mikroorganisme Pengolah
1.	Berbagai jenis kue	Tepung gandum	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
2.	Kopi	Biji kopi	<i>Erwinia dissolvens</i>
3.	Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>
4.	Yoghurt	Susu	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>L. acidophilus</i>
5.	Keju	Susu	<i>Lactobacillus casei</i>
6.	Nata de coco	Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>
7.	Oncom	Kacang tanah	<i>Neurospora crassa</i>
8.	Tape	Umbi ketela pohon atau beras ketan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
9.	Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i>
10.	Sayur asin	Sawi hijau	Bakteri asam laktat.

Untuk mempelajari pemanfaatan mikroorganisme dalam produksi pangan, lakukan **Kegiatan 4.1** berikut ini.

### Kegiatan 4.1

#### Membuat Anggur Sari Buah

##### Tujuan

Mempelajari pembuatan anggur sari buah nanas.

##### Alat dan Bahan

1. Buah nanas yang matang dan masih keras
2. Pisau
3. Piring untuk memeras
4. Air masak
5. Gula pasir secukupnya

6. Botol bekas selai atau kopi
7. Kain atau kertas bersih
8. ragi atau biakan *Saccharomyces cerevisiae*

#### **Langkah Kerja**

1. Cucilah buah nanas dengan air bersih lalu dipotong kecil-kecil atau dihancurkan. Peraslah nanas untuk mengeluarkan jusnya.
2. Jus nanas yang diperoleh dicampur dengan air dan gula pasir dengan perbandingan 6 : 3 : 1. Aduklah campuran hingga merata.
3. Masukkan campuran ke dalam botol sampai terisi setengah dan tambahkan sedikit ragi. Tutuplah botol dengan kain atau kertas.
4. Simpan di tempat aman selama 2 – 3 minggu sampai ada lapisan putih di bagian atasnya, kemudian amatilah produk yang dihasilkan.

#### **Pertanyaan**

1. Bagaimanakah sifat produk fermentasi (anggur sari buah) yang kamu hasilkan dengan bahan mentahnya (nanas)?
2. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan di atas?

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai pengolah bahan makanan telah lama dikenal dan dilakukan oleh banyak orang. Misalnya, digunakan untuk membuat tape, tempe, kecap, dan sebagainya. Berikut ini adalah beberapa contoh peran mikroorganisme sebagai pengolah makanan.

#### **a. Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Membuat Kue/Roti**

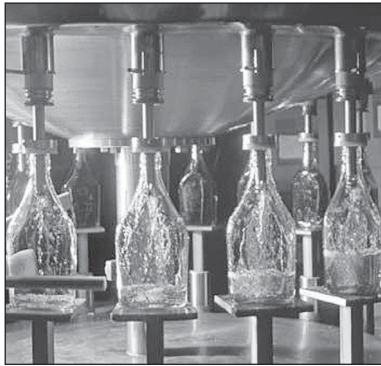
Pernahkah kamu membuat kue atau menyaksikan proses pembuatan kue atau roti? Bahan-bahan apa sajakah yang diperlukan? Dalam pembuatan kue, pada adonan tepung ditambahkan ragi ke dalam adonan tersebut dan dibiarkan beberapa saat. Di dalam ragi terdapat jamur *Saccharomyces cereviceae*. Jamur ini akan berkembang biak dengan cepat dalam substrat tepung dan memfermentasi adonan gula (glukosa). Dalam proses fermentasi ini dihasilkan gelembung-gelembung gas karbon dioksida. Keluarnya gas inilah yang menyebabkan adonan kue atau roti dapat mengembang.

#### **b. Mikroorganisme untuk Membuat Asinan**

Asinan atau acar merupakan hasil fermentasi bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*) yang memberi rasa masam dan sedikit asin pada bahan-bahan seperti kubis, mentimun, dan lobak. Pada umumnya, pembuatan acar dilakukan secara terbuka sehingga memungkinkan bakteri aerob mengubah rasa menjadi masam.

#### **c. Mikroorganisme untuk Membuat Minuman dan Alkohol**

Mikroorganisme yang banyak digunakan untuk membuat minuman dan alkohol adalah kelompok jamur anaerob. Substrat yang digunakan jamur berupa zat tepung atau karbohidrat. Jamur akan menghasilkan semacam enzim



**Gambar 4.2** Mikroorganisme banyak dimanfaatkan untuk membuat minuman fermentasi.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

sehingga dapat memfermentasi tepung menjadi glukosa dan karbon dioksida. Dalam proses fermentasi ini dihasilkan alkohol yang dapat memberi citarasa tersendiri pada produk yang dihasilkan, contohnya pada pembuatan tuak, brem, dan sake. Minuman ini dihasilkan dari fermentasi beras ketan oleh *Aspergillus orizae*. Tuak merupakan minuman beralkohol tradisional Jawa. Brem adalah minuman beralkohol tradisional Bali. Sedangkan Sake adalah minuman beralkohol tradisional Jepang.

Contoh lainnya adalah proses pembuatan anggur (*wine*) dan bir. Anggur dibuat dari buah anggur atau buah yang lain dengan memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces bayanus* melalui proses fermentasi. Bir dibuat dari biji padi yang sebelumnya diubah menjadi malt yang mengandung enzim amilase. Enzim amilase mengubah zat tepung menjadi glukosa sehingga bisa difermentasi oleh khamir jenis tertentu. Hasil fermentasi berupa etanol dan karbon dioksida. Alkohol juga dapat dibuat dari fermentasi tetes tebu yang disuling untuk mendapatkan alkohol berkadar tinggi. Umumnya, proses pembuatan minuman beralkohol melalui dua tahap, yaitu tahap fermentasi dan tahap *destilasi* (penyulingan). Tahap destilasi diperlukan untuk meningkatkan kadar alkohol dalam minuman.

#### d. Mikroorganisme untuk Membuat Yogurt

Yogurt adalah sejenis minuman yang berasal dari susu yang diproses dengan dimanfaatkan mikroorganisme tertentu. Dalam pembuatan yogurt, susu diuapkan agar lebih kental dan kadar lemaknya berkurang. Susu kental ini kemudian difermentasikan pada suhu 45° dengan menggunakan campuran bakteri *Streptococcus thermophilus* dan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri *Streptococcus thermophilus* pada pembuatan yogurt berfungsi memberi rasa masam, sedangkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* memberi aroma dan rasa yang berbeda. Jadi, kombinasi antara kedua bakteri itulah yang memberi cita rasa dan aroma pada yogurt.

#### e. Mikroorganisme untuk Membuat Mentega dan Keju

Mentega dibuat dari susu krim atau susu skim. Cita rasa dan aroma mentega berasal dari hasil fermentasi bakteri yang sama seperti bakteri yang digunakan untuk membuat yogurt yaitu bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*). Sedangkan keju juga dibuat dari susu yang difermentasikan oleh bakteri asam laktat. Pembuatan keju memerlukan air dadih yang dibuat dari protein susu yang disebut kasein. Beberapa jenis keju difermentasikan oleh bakteri *Propionibacterium*. Jamur lain juga dapat digunakan untuk membuat keju, misalnya beberapa spesies dari genus *Penicillium* untuk membuat keju yang berwarna hijau kebiruan.



## 2. Pemanfaatan Mikrobiologi di Bidang Industri

Pernahkah kamu mencicipi cuka? Cuka merupakan hasil industri yang memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pembuatannya. Tidak hanya cuka, banyak produk yang lain yang juga memanfaatkan mikroorganisme dalam pembuatannya. Selain berperan dalam industri makanan, mikroorganisme juga digunakan dalam industri minuman, industri kesehatan, industri pakaian, dan industri kayu. Syarat-syarat mikroorganisme yang dipakai dalam industri adalah sebagai berikut.

- Organisme yang digunakan harus menghasilkan produk yang banyak, stabil, dan tidak membahayakan kesehatan manusia.
- Bahan substrat/tempat hidup mikroorganisme harus murah dan mudah untuk mendapatkannya.

Berikut ini beberapa industri atau bidang usaha yang memanfaatkan organisme dalam proses pembuatannya.

### a. Industri Makanan dan Minuman

Dalam industri makanan dan minuman, mikroorganisme berperan penting untuk menghasilkan berbagai bahan seperti asam cuka dan minuman fermentasi. Minuman hasil fermentasi biasanya mengandung alkohol. Contohnya adalah bir, rum, anggur, wiski, dan minuman beralkohol lain. Mikroorganisme yang berperan adalah khamir (jenis jamur uniseluler, contohnya *Saccharomyces cerevisiae*). Produk minuman fermentasi berbeda-beda sesuai dengan bahan mentah dan jenis khamir yang digunakan. Contohnya *rum* merupakan hasil fermentasi dari jagung sedangkan *anggur* merupakan hasil fermentasi dari sari buah anggur. Khamir yang digunakan pada rum dan anggur adalah sama-sama dari genus *Saccharomyces*.

### b. Industri Farmasi dan Obat-Obatan

Dalam industri farmasi atau industri obat-obatan, mikroorganisme menghasilkan antibiotik dan hormon. Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain, khususnya mikroorganisme parasit pada tubuh manusia dan hewan. Penisilin merupakan antibiotik pertama yang dibuat dalam skala industri, dihasilkan oleh jamur *Penicillium notatum*. Contoh lain adalah neomisin-B dihasilkan oleh *Streptomyces fradiae*, streptomisin dihasilkan oleh *Streptomyces griseus*, dan fumigilin dihasilkan oleh *Aspergillus fumigatus*. Hormon juga dapat dihasilkan oleh mikroorganisme. Contohnya hormon insulin berguna untuk menolong penderita diabetes melitus. Bahan lain yang dihasilkan adalah berbagai jenis asam amino, enzim, dan vitamin.



**Gambar 4.3** Industri farmasi memanfaatkan jasa mikroorganisme untuk membuat berbagai produk.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

### c. Produk Sumber Energi

Melalui bioteknologi, kamu dapat juga mengubah kotoran hewan, sampah, dan limbah pertanian dijadikan energi dengan bantuan mikroorganisme. Gas bio atau *biogas* adalah hasil fermentasi berbagai mikroorganisme yang banyak mengandung gas metana. Oleh karena itu gas bio dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas dan penerangan. Prinsip pembuatan gas bio seperti pada pembentukan gas yang terjadi pada hewan memamah biak, misalnya sapi. Di dalam lambung sapi, serat dari rumput yang bercampur air akan diubah oleh bakteri menjadi asam organik. Kemudian asam organik akan berubah menjadi gas metan dan karbon dioksida dengan bantuan mikroorganisme seperti *Bacterioides*, *Clostridium butyrium*, *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, dan *Eschericia coli*.

### d. Industri Perminyakan dan Pertambangan

Mikroorganisme digunakan dalam berbagai bidang perminyakan dan pertambangan. Dalam bidang perminyakan berperan dalam pembentukan minyak, eksplorasi minyak, dan pembersihan ceceran minyak. Selain itu beberapa jenis bakteri dapat dimanfaatkan dalam pemisahan logam dari bijihnya. Contohnya adalah *Thiobacillus ferrooxidans*. Bakteri ini tumbuh dalam lingkungan asam, seperti tempat pertambangan dan mampu memisahkan tembaga-tembaga dari bijinya melalui reaksi kimia. Strain yang lain mampu memisahkan logam besi dari bijihnya (besi sulfida). *Chlorella vulgaris* juga dapat melepaskan emas dari bijihnya dan mengakumulasi emas itu di dalam selnya. Jenis bakteri yang lain telah digunakan untuk memperoleh kembali beberapa bijih logam seperti mangan (Mn) dan uranium yang terdapat pada konsentrasi rendah pada bijih.

Mikroorganisme bermanfaat dalam pertambangan karena alasan-alasan berikut.

- 1) Tidak merusak lingkungan dibandingkan pengolahan dengan bahan kimia.
- 2) Lebih banyaknya mineral yang dapat menggunakan mikroorganisme dalam pengolahannya. Mikroorganisme mampu mengumpulkan mineral dari bijih yang hanya mengandung sedikit mineral. Bijih miskin mineral ini tidak layak diproses secara konvensional.



**Gambar 4.4** Mikroorganisme berguna untuk mengumpulkan ceceran minyak yang tumpah akibat kecelakaan kapal tanker.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

### Tugas 4.1

Tempe adalah produk bioteknologi pangan yang telah dikenal bangsa Indonesia sejak dulu. Diskusikan dengan temanmu proses pembuatan tempe dan keunggulan nilai gizi tempe dibandingkan nilai gizi pada kedelai.



## Bioteknologi dalam Pertanian

Bioteknologi banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Pembuatan kompos dan biogas merupakan contoh yang sederhana. Pemanfaatan bioteknologi untuk meningkatkan hasil pertanian pada masa sekarang ini dilakukan secara modern, misalnya pada pemuliaan tanaman dengan menciptakan tanaman transgenik (tanaman yang gennya telah dimodifikasi), kultur jaringan, biopestisida, dan sebagainya. Berikut ini beberapa contoh bioteknologi dalam bidang pertanian.

### 1. Hidroponik dan Aeroponik

Hidroponik adalah suatu istilah yang digunakan dalam bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tumbuhnya. Untuk memperoleh zat makanan atau unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, ke dalam air yang digunakan dilarutkan campuran pupuk organik. Campuran pupuk ini dapat diperoleh dari buatan sendiri atau pupuk buatan yang siap pakai. Adapun keuntungan dengan cara hidroponik adalah sebagai berikut.

- Tumbuhan bebas dari hama dan penyakit.
- Produksi tanaman lebih tinggi.
- Tumbuh lebih cepat.
- Pemakaian pupuk lebih efisien.
- Mudah pengerjaannya.
- Tidak tergantung pada kondisi alam.
- Tidak membutuhkan lahan luas.

Selain hidroponik, saat ini teknik yang sedang dikembangkan adalah teknik aeroponik. Jika hidroponik media yang digunakan untuk tumbuh akar adalah air dan media lain misalnya kerikil atau pasir. Tapi pada aeroponik tidak menggunakan media sama sekali. Akar tanaman di letakkan menggantung dalam suatu wadah yang dijaga kelembapannya dari air yang biasanya berasal dari pompa bertekanan sehingga timbul uap air. Zat makanan diperoleh melalui larutan nutrisi yang disemprotkan ke bagian akar tanaman.

Sistem aeroponik memiliki kelebihan dibandingkan sistem hidroponik. Pada sistem aeroponik, akar yang menggantung akan lebih banyak menyerap oksigen sehingga meningkatkan metabolisme dan kecepatan pertumbuhan tanaman.

### 2. Kultur Jaringan Tumbuhan

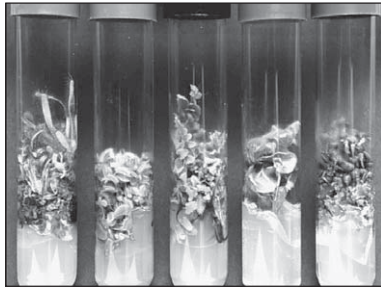
Mungkin kamu sering mendengar kultur jaringan tumbuhan. Tahukah kamu apakah kultur jaringan tumbuhan itu? Teknik kultur jaringan banyak dilakukan untuk menghasilkan bibit tumbuhan dalam jumlah besar dan seragam sifat genetiknya dalam waktu relatif singkat, misalnya bibit jati, anggrek, dan kelapa sawit.



**Gambar 4.5** Sayuran yang dibudidayakan secara hidroponik.

**Sumber:** Dokumen Penerbit





**Gambar 4.6** Plantlet yang berhasil tumbuh dalam media kultur jaringan.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Kultur jaringan memanfaatkan sifat totipotensi sel, yaitu setiap sel membawa informasi genetik yang lengkap sehingga berpotensi untuk berkembang menjadi individu baru yang lengkap. Kultur jaringan mula-mula dilakukan oleh **Frederick C. Steward**. Steward mengkultur sel-sel akar tanaman wortel dalam suatu media buatan. Dari sel-sel akar itu berhasil tumbuh tanaman wortel yang lengkap. Hasil percobaan ini membuktikan bahwa sel mengandung semua informasi genetik yang lengkap.

Bagian yang akan ditumbuhkan melalui kultur jaringan disebut *eksplan*. Eksplan yang digunakan biasanya dari jaringan tumbuhan yang masih muda, misalnya ujung akar, tunas, dan daun muda. Berdasarkan jenis eksplannya, kultur jaringan dapat dibedakan menjadi kultur meristem, kultur antera, kultur embrio, kultur protoplas, kultur kloroplas, kultur polen, dan lain-lain. Eksplan yang telah disterilkan ditumbuhkan pada media steril yang mengandung nutrisi dan zat pengatur tumbuh.

Selama kultur berlangsung, faktor lingkungan seperti cahaya, temperatur, kelembapan, dan pH diatur pada kondisi yang paling sesuai untuk pertumbuhan eksplan. Jika nutrisi, zat pengatur tumbuh, dan keadaan lingkungan sesuai, eksplan akan tumbuh menjadi massa sel yang belum mengalami diferensiasi yang disebut *kalus*. Kalus kemudian tumbuh menjadi tanaman kecil yang telah lengkap yang disebut *plantlet*. Sebelum dapat ditanam, plantlet harus diaklimatisasi selama beberapa waktu sehingga kondisi dan ukurannya sesuai untuk ditanam.

Teknik kultur jaringan sangat menguntungkan dalam memperbanyak tumbuhan bernilai tinggi. Selain itu tanaman langka yang terancam punah dapat dilestarikan dengan memanfaatkan kultur jaringan. Dengan demikian kemajuan industri agrobisnis dapat terwujud dan ketahanan pangan akan meningkat.

### 3. Bioteknologi dalam Pembentukan Varietas Tanaman Unggul Baru

Teknik-teknik bioteknologi juga dimanfaatkan untuk membuat jenis tanaman tanaman unggul yang baru. Hal ini diperlukan untuk mencukupi kebutuhan pangan yang terus meningkat, sedangkan luas lahan pertanian cenderung menurun. Tanaman unggul ini diharapkan mempunyai produktivitas yang lebih baik. Selain itu, peningkatan hasil, juga dilakukan upaya perbaikan pada kandungan nutrisi, kelestarian lingkungan, usia panen, dan berbagai nilai tambah yang lain. Sebagai contoh, nilai tambah pada beberapa tanaman unggul yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut.

- Peningkatan kandungan nutrisi pada tanaman pisang, cabe, stroberi, dan ubi jalar.
- Peningkatan rasa, misalnya pada tanaman tomat, cabe, buncis, dan kedelai.
- Peningkatan kualitas produk, misalnya pada pisang, cabe, stroberi dengan tingkat kesegaran dan tekstur yang lebih baik.

- d. Mengurangi reaksi alergi, misalnya pada tanaman polong-polongan dengan kandungan protein penyebab alergi yang lebih rendah
- e. Kandungan bahan berkhasiat obat, misalnya pada tomat dengan kandungan *lycopene* yang tinggi yang berguna sebagai antioksidan untuk mengurangi kanker, bawang dengan kandungan allicin untuk menurunkan kolesterol, serta pada padi dengan kandungan vitamin A dan zat besi untuk mengatasi anemia dan kebutaan.
- f. Tanaman yang mampu memproduksi vaksin dan obat-obatan untuk mengobati penyakit manusia, misalnya pada tanaman tembakau yang telah direkayasa sehingga dapat menghasilkan vaksin untuk penyakit kanker.
- g. Tanaman dengan kandungan nutrisi yang lebih baik untuk pakan ternak.

Penerapan bioteknologi tanaman juga dapat memudahkan petani dalam proses budidaya tanaman. Misalkan dalam pengendalian gulma yaitu dengan menghasilkan tanaman yang memiliki ketahanan terhadap jenis herbisida tertentu. Sebagai contoh adalah tanaman berlabel *Roundup Ready* yang terdiri dari kedelai, canola (sejenis tanaman penghasil minyak), dan jagung yang tahan terhadap herbisida Roundup. Di dunia saat ini telah banyak dilepas berbagai tanaman jenis baru hasil penerapan bioteknologi. Misalnya di China pada tahun 2006 telah dikembangkan sekitar 30 spesies tanaman transgenik, antara lain padi, jagung, kapas, kentang, kedelai, tomat tahan virus, petunia dengan warna bunga bery, paprika tahan virus, dan kapas tahan hama) yang telah dilepas untuk produksi.

Indonesia sebagai negara agraris sangat membutuhkan tanaman jenis unggul untuk meningkatkan produksi pangan. Nah, kamu sebagai generasi muda berperan besar dalam proses alih teknologi, khususnya bioteknologi. Dengan belajar tekun, banyak mencari pengetahuan baru, dan meningkatkan daya kreativitas, kamu dapat menjadi ahli bioteknologi dan berkarya seperti ahli bioteknologi di luar negeri!

Beberapa jenis tanaman unggul baru yang dibuat dengan pemanfaatan bioteknologi adalah sebagai berikut.

#### a. Padi *Golden Rice*

Padi merupakan tanaman pangan utama dunia. Dengan demikian padi menjadi prioritas utama dalam bioteknologi. Selain padi, tanaman pangan yang telah banyak mendapat sentuhan bioteknologi adalah kentang. Penerapan bioteknologi pada tanaman padi sebenarnya telah lama dilakukan. Salah satu produknya adalah padi jenis *golden rice* yang dikenalkan pada tahun 2001. Diharapkan padi jenis ini dapat membantu jutaan orang yang mengalami kebutaan dan kematian dikarenakan kekurangan vitamin A dan besi. Vitamin A sangat penting untuk penglihatan, respon kekebalan, perbaikan sel, pertumbuhan tulang, reproduksi, hingga penting untuk pertumbuhan embrionik.

Nama *Golden Rice* diberikan karena butiran yang dihasilkan berwarna kuning menyerupai emas karena mengandung karotenoid. Rekayasa genetika merupakan metode yang digunakan untuk produksi *Golden Rice*. Hal ini disebabkan karena tidak ada plasma nutfah padi yang mampu untuk mensintesis karotenoid.

**b. Kentang *Russet Burbank***

Teknik bioteknologi saat ini telah banyak digunakan dalam produksi kentang. Baik dalam teknik penyediaan bibit, pemuliaan kentang, hingga rekayasa genetika untuk meningkatkan sifat-sifat unggul kentang. Dalam hal penyediaan bibit, saat ini teknik kultur jaringan telah banyak digunakan. Teknik kultur jaringan memungkinkan petani mendapatkan bibit dalam jumlah besar yang identik dengan induknya. Contoh varietas kentang baru adalah kentang *Russet Burbank* yang memiliki kandungan pati yang tinggi yang dapat menghasilkan kentang goreng dan kripik kentang dengan kualitas yang lebih baik karena menyerap lebih sedikit minyak ketika digoreng.

**c. Tomat *FlavrSavr***

Teknologi rekayasa genetika juga telah diaplikasikan pada tanaman hortikultura. Sebagai contoh yang cukup terkenal adalah tomat *FlavrSavr*, yaitu jenis tomat yang buah matangnya tidak lekas rusak/membusuk. Hal ini sangat berbeda dengan tanaman tomat lain, di mana buah yang matang cepat menjadi rusak. Sifat tomat *FlavrSavr* ini sangat berguna dalam pengiriman buah ke tempat yang jauh sebelum tiba di tangan konsumen.

**d. Tembakau Rendah Nikotin**

Salah satu dari sekian banyak kerugian merokok adalah gangguan kesehatan karena kadar nikotin yang tinggi. Pendekatan bioteknologi dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini yaitu dengan merakit tanaman tembakau yang bebas kandungan nikotin. Pada tahun 2001 jenis tembakau ini diklaim dapat mengurangi resiko serangan kanker akibat merokok. Selain bebas nikotin, sentuhan bioteknologi lain juga dilakukan untuk tanaman tembakau misalnya dengan meningkatkan aroma menggunakan gen aroma dari tanaman lain. Salah satu yang telah berhasil adalah mengabungkannya dengan aroma buah lemon.

#### **4. Bioteknologi dalam Bidang Peternakan**

Dalam bidang peternakan, bioteknologi dimanfaatkan untuk menghasilkan vaksin, antibodi, pakan bergizi tinggi, dan hormon pertumbuhan. Contoh vaksin untuk ternak yaitu vaksin untuk penyakit mulut dan kuku pada mamalia, vaksin NCD untuk mengobati penyakit tetelo pada unggas, dan vaksin untuk penyakit flu burung.



Hormon pertumbuhan diberikan pada ternak untuk meningkatkan produksi daging, susu, atau telur. Contohnya adalah pemberian *Bovine Growth Hormone* pada sapi perah dapat meningkatkan produksi susu dan daging hingga 20%. Namun penggunaan hormon untuk memacu produksi pada ternak masih diperdebatkan karena berpotensi meningkatkan penyakit masitis pada ternak dan membahayakan kesehatan manusia.

Pemanfaatan bioteknologi dalam bidang peternakan lainnya adalah membuat hewan transgenik (hewan yang gennya telah dimodifikasi) dan teknologi induk buatan. Teknologi induk buatan sering dilakukan pada hewan langka yang sulit bereproduksi secara alami. Embrio hewan ini ditransplantasikan pada rahim spesies lain yang masih berkerabat. Dengan cara ini diharapkan hewan langka tersebut terhindar dari ancaman kepunahan.

### Tugas 4.2

Biopestisida merupakan contoh bioteknologi dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Carilah contoh-contoh biopestisida beserta cara penggunaan dan jenis hama dan penyakit yang dapat ditanggulangi.



## Bioteknologi Reproduksi

Teknologi reproduksi telah dikembangkan pada hewan, tumbuhan, bahkan manusia. Teknologi reproduksi pada hewan dan tumbuhan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti bahan makanan yang lebih baik dan keseimbangan populasi dengan cara menghindari kepunahan suatu spesies. Beberapa jenis bioteknologi reproduksi adalah sebagai berikut.

### 1. Inseminasi Buatan

Inseminasi buatan adalah cara untuk memasukkan sperma hewan jantan ke dalam organ reproduksi betina dengan menggunakan alat tertentu. Nama lain dari inseminasi buatan ini adalah kawin suntik. Tujuan dilakukannya inseminasi buatan ini adalah sebagai berikut.

- Meningkatkan kualitas keturunan.
- Memudahkan pengaturan proses perkawinan.
- Menghindari kelangkaan hewan jantan yang termasuk bibit unggul.
- Meningkatkan tingkat reproduksi hewan.

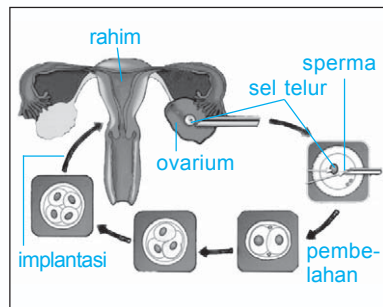
### 2. Bayi Tabung (*Fertilization in Vitro*)

Tidak semua pasangan suami istri mampu menghasilkan keturunan. Penyebabnya dapat berbagai hal mulai masalah ovulasi, tersumbatnya tuba falopii, dan jumlah sperma terlalu sedikit. Dengan perkembangan ilmu dan teknologi kedokteran,



**Gambar 4.7** Proses inseminasi buatan pada sapi.

**Sumber:** Dokumen Penerbit



**Gambar 4.8** Proses pembuatan bayi tabung.

Sumber: Ensiklopedia Iptek

sebagian masalah itu telah ada jalan keluarnya. Bayi tabung merupakan salah satu jalan keluar untuk memecahkan masalah ketidaksuburan (*infertilitas*). Tetapi cara ini akan menghabiskan biaya yang mahal. Bayi tabung mulai populer pada tahun 1978, dengan tes pertama di dunia.

Sperma dan telur berasal dari pasangan yang ingin melakukan program bayi tabung. Di beberapa negara sel telur dan sperma disediakan oleh lembaga tertentu dan orang yang memiliki uang dapat memilih calon ibu atau ayah dari bayi yang ingin dilahirkan. Empat langkah dasar dari program bayi tabung adalah sebagai berikut.

- Menggunakan obat untuk membuat folikel menjadi banyak di dalam ovarium. Seperti kamu ketahui bahwa ovarium yang normal hanya menghasilkan satu sel telur setiap bulannya. Jika folikel yang berkembang dalam ovarium lebih banyak, maka sel telur yang dihasilkan juga lebih banyak.
- Memantau perkembangan folikel dengan *ultrasonografi* untuk mengetahui perkembangan telur dalam ovarium dan lapisan uterus. Setelah folikel dan lapisan uterus matang, baru hormon HCG (*Human Chorionik Gonadotropin*) diberikan sebagai pemicu.
- Setelah 36 jam dari pemberian pemicu, kondisi telur dipantau kembali dengan ultrasonografi.
- Spesimen sperma disiapkan dan dicuci terlebih dahulu. Setelah dicuci kemudian sperma ditempatkan dengan sel telur dan disimpan dalam inkubator selama 18 jam. Setelah 18 jam akan dilihat normal atau tidaknya fertilisasi di bawah mikroskop. Jika normal akan disimpan pada inkubator sampai embrio menjadi multiseluler.

Tahap berikutnya adalah memindahkan embrio ke dalam uterus. Jumlah embrio yang dipindahkan dapat lebih dari satu. Meskipun memungkinkan lebih dari satu embrio yang ditempatkan di rahim, tetapi tergantung kondisi rahimnya.

### 3. Kloning

Kloning adalah teknik atau metode reproduksi secara asexual yang menggunakan sel tubuh (sel somatik) makhluk hidup. *Klon* atau keturunan yang dihasilkan memiliki kesamaan gen dengan induknya. Para ilmuwan awalnya melakukan teknik kloning pada katak dan salamander awal tahun 50-an. Pada tahun 1996, seorang ilmuwan sains Inggris, Ian Wilmut menggunakan prosedur yang sama untuk mengkloning domba, nama domba itu adalah Dolly.

Sejak Dolly berhasil dikloning, ilmuwan dari berbagai penjuru dunia mencoba melakukan kloning terhadap hewan lain dengan teknik yang sama. Dewey adalah rusa ekor putih pertama hasil kloning di Universitas Texas. Dewey adalah seekor rusa berekor putih *Odocoileus virginianus*. Rusa ini merupakan rusa kloning pertama di dunia. Rusa tersebut berkembang normal dan saat muda minum susu dari botol. Sebagai bahan

kloning, diambil dari sel-sel kulit rusa jantan. Para peneliti mengambil inti sel kemudian memasukkannya dalam rahim seekor rusa betina. Keberhasilan kloning ini diharapkan dapat menghindarkan rusa jenis ini dari ancaman kepunahan.

Kuda pertama hasil kloning diberi nama Prometea. Prometea dilahirkan oleh induk yang sekaligus juga donor DNA-nya. Prometea dikloning dari sel kulit induknya, seekor kuda pekerja kecil jenis haflinger. Nukleus dari sel kulit itu kemudian ditanam pada sel telur kuda lain yang sudah dibuang nukleusnya. Sel yang mulai membelah kemudian dikembalikan ke rahim induknya.

Selain rusa dan kuda, kloning juga dicobakan pada anjing. Suatu tim yang beranggotakan 11 orang berhasil mengkloning anjing untuk pertama kalinya. Drh Yuda Heru Fibrianto adalah salah satu anggota tim yang berasal dari Indonesia. Proyek kloning ini membutuhkan waktu selama 2 tahun 8 bulan. Proses kloning anjing adalah sebagai berikut.

- Membuat biakan sel dari kulit anjing yang akan dipakai sebagai donor sel. Kulit anjing diambil sedikit dan dibiakkan dalam cawan petri. Setelah berkembang disimpan dalam suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
- Persiapan mengambil sel telur dari anjing yang sudah diovulasikan dengan cara melihat keadaan sel-sel vagina dan kadar hormon progesteron dalam darah.
- Melakukan kloning pada sel telur, dengan cara menghilangkan inti dari sel telur tersebut dan diganti dengan satu sel yang telah dibiakkan dari sel donor.
- Menyatukan sel yang berasal dari kulit dengan sel telur yang telah hilang intinya dengan listrik sebesar 3 – 3,5 kV/cm di dalam plat dari baja putih yang sejajar dan dalam media *manitol*.
- Implantasi yaitu memasukkan sel telur yang telah bersatu ke dalam rahim anjing lain dengan cara operasi.
- Pemeriksaan kehamilan dengan ultrasonografi (USG) 22 hari kemudian. Guna memastikan terjadinya kehamilan ditunggu lagi sampai hari ke-60.

Meskipun bioteknologi memberi manfaat yang banyak bagi kesejahteraan manusia, bioteknologi juga membawa dampak buruk. Contohnya adalah pengembangan senjata biologis, ancaman kerusakan lingkungan dan ketidakseimbangan ekosistem, serta gangguan kesehatan.



**Gambar 4.9** Domba dolly hasil kloning pertama yang berhasil hidup.

**Sumber:** Microsoft Student, 2006

#### Latihan 4.1

- Iseminasi buatan sering dilakukan pada sapi. Carilah informasi proses iseminasi buatan untuk memperoleh sapi-sapi yang produk susu dan dagingnya tinggi.
- Pemanfaatan bioteknologi menimbulkan pro dan kontra. Carilah informasi dampak positif dan dampak negatif pemanfaatan bioteknologi.



## Rangkuman

- Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan organisme, sistem, atau proses biologi untuk menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Bioteknologi berkembang dari bioteknologi konvensional menjadi bioteknologi modern.
- Mikroorganisme berperan penting dalam bioteknologi, yaitu memproduksi bahan pangan berprotein tinggi, berperan dalam proses pembuatan berbagai bahan pangan, serta dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti industri makanan dan minuman, industri farmasi dan obat-obatan, dan industri energi dan pertambangan.
- Contoh bioteknologi dalam bidang pertanian adalah cara bercocok tanam secara hidroponik dan aeroponik, pemanfaatan kultur jaringan untuk menghasilkan bibit tanaman unggul, dan dalam bidang peternakan dengan memberikan vaksin, pakan bergizi tinggi, hormon pertumbuhan, hewan transgenik, dan teknologi induk buatan.
- Bioteknologi reproduksi berupaya mengembangkan hewan dan tumbuhan unggul untuk kesejahteraan manusia dan menjaga keseimbangan populasi. Beberapa contoh bioteknologi reproduksi adalah iseminasi buatan, teknologi bayi tabung, dan kloning.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Bioteknologi** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab V, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian bioteknologi dan bidang-bidang yang terkait dengannya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan peranan mikroorganisme dalam bioteknologi?
3. Dapatkah kamu menyebutkan contoh penerapan bioteknologi yang mendukung kelangsungan hidup manusia khususnya dalam hal produksi pangan? Apakah kamu juga dapat menjelaskan prinsip kerjanya?
4. Dapatkah kamu memberikan contoh dampak positif dan dampak negatif penggunaan bioteknologi?

## Latih Kemampuan

4

*Kerjakan di buku tugasmu!*

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Keuntungan proses fermentasi makanan adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
  - a. nilai gizi lebih tinggi
  - b. cita rasa lebih baik
  - c. harganya lebih murah
  - d. aroma lebih menarik
2. Tindakan berikut ini yang dilakukan dalam bioteknologi modern adalah ....
  - a. tidak menggunakan prinsip ilmiah
  - b. menggunakan peralatan canggih
  - c. dilakukan secara sederhana
  - d. tidak diproduksi secara besar-besaran

3. Rekayasa genetika sangat bermanfaat untuk kehidupan manusia, antara lain ....
  - a. memperoleh hormon insulin dengan memanfaatkan bakteri
  - b. meningkatkan kesuburan tanah dengan pupuk buatan
  - c. menentukan unsur yang diperlukan oleh tanaman
  - d. memperoleh cara pengobatan penyakit dengan tepat
4. Dengan bioteknologi, reproduksi tanaman secara vegetatif dalam jumlah yang banyak dan seragam dapat dilakukan melalui cara ....
  - a. rekombinasi gen
  - b. cangkok
  - c. hidroponik
  - d. kultur jaringan
5. Bioteknologi merupakan penerapan berbagai bidang ilmu, yaitu ....
  - a. biologi, matematika, fisika, dan kimia
  - b. biologi, kimia, fisika, dan pertanian
  - c. mikrobiologi, genetika, biologi molekuler, dan biokimia
  - d. biologi, kimia, matematika, dan genetika
6. Perbedaan antara bioteknologi konvensional dengan bioteknologi modern terletak pada ....
  - a. produk yang dihasilkan
  - b. manfaat produknya
  - c. mikroorganisme yang digunakan
  - d. prinsip-prinsip ilmiah yang digunakan
7. Produk bioteknologi modern antara lain....
  - a. tempe, tape, kecap, dan asam amino
  - b. asam amino, kecap, vaksin, dan enzim
  - c. enzim, vaksin, asam amino, dan antibiotika
  - d. tempe, asam amino, antibiotika, dan cuka
8. Gas bio sebagai hasil bioteknologi memiliki kelebihan, yaitu ....
  - a. tidak menyebabkan pencemaran lingkungan
  - b. diproduksi oleh mikroorganisme
  - c. mudah memproduksinya
  - d. bahan baku limbah pertanian dan peternakan
9. Yang dapat kita golongkan sebagai protein sel tunggal adalah ....
  - a. protein kedelai dan kacang tanah
  - b. protein sel ganggang dan ragi
  - c. protein ikan dan daging
  - d. protein tahu dan tempe
10. Dampak negatif bioteknologi haruslah tetap diwaspadai sebab ....
  - a. mikroorganisme akan bertambah banyak
  - b. merusak tatanan kehidupan manusia
  - c. adanya organisme transgenik dapat mempengaruhi atau merusak keseimbangan lingkungan
  - d. meningkatkan pencemaran lingkungan
11. Inseminasi pada sapi bertujuan agar keturunannya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut, *kecuali* ....
  - a. daging dan susu berkualitas tinggi
  - b. kualitas ternak yang lebih baik
  - c. jinak
  - d. tahan penyakit
12. Kloning merupakan perkembangbiakan secara ....
 

a. seksual	c. generatif
b. aseksual	d. konjugasi
13. Penggunaan cara reproduksi bayi tabung bertujuan untuk ....
  - a. menghemat waktu kehamilan
  - b. menciptakan bayi yang sehat
  - c. mempermudah kelahiran
  - d. membantu kasus infertilitas
14. Pembuahan dengan teknik bayi tabung memiliki kerugian dibandingkan secara alami yaitu ....
  - a. mudah dan cepat
  - b. murah dan lambat
  - c. mahal dan rumit
  - d. mahal dan lambat
15. Yang tidak termasuk teknologi reproduksi adalah ....
  - a. kloning
  - b. inseminasi buatan
  - c. fermentasi
  - d. bayi tabung

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan pengertian bioteknologi menurut pendapatmu sendiri.
2. Jelaskan perbedaan antara bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern?
3. Berilah contoh aplikasi bioteknologi yang mudah ditemukan di sekitar tempat tinggalmu. Termasuk bioteknologi apakah aplikasi itu?
4. Jelaskan kelebihan energi hasil bioteknologi.
5. Jelaskan secara singkat mengenai proses bayi tabung.

### Wacana Sains

#### Biopestisida dari Daun Pare

Bila musim hujan tiba, kamu harus waspada terhadap serangan nyamuk. Penyakit demam berdarah sering melanda pada awal musim penghujan. Kamu dapat menggunakan abate untuk membasmi larva nyamuk. Kalau tidak ada, kamu dapat menggunakan daun pare.

Dua mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, Malang, **Heri Kristanto** dan **Endah Silfiyanti** menemukan daun pare (*Momordica charantia*) mempunyai efek larvasida (dapat membunuh larva). Penemuan itu didorong oleh keinginan Heri dan Endah untuk menemukan pembasmi nyamuk demam berdarah yang ramah lingkungan.

Selama ini masyarakat banyak yang menggunakan zat kimia buatan untuk membasmi nyamuk. Padahal cara itu memberi dampak buruk terhadap kesehatan. Akhirnya mereka menemukan bahwa daun pare memiliki efek antilarva yang kuat. Kemampuan ini diduga disebabkan karena adanya zat *momordicin* pada daun pare. Zat ini juga yang membuat buah pare terasa pahit.



Sumber: *Tempo*, 13 – 19 November 2006



# Bab V

## Listrik

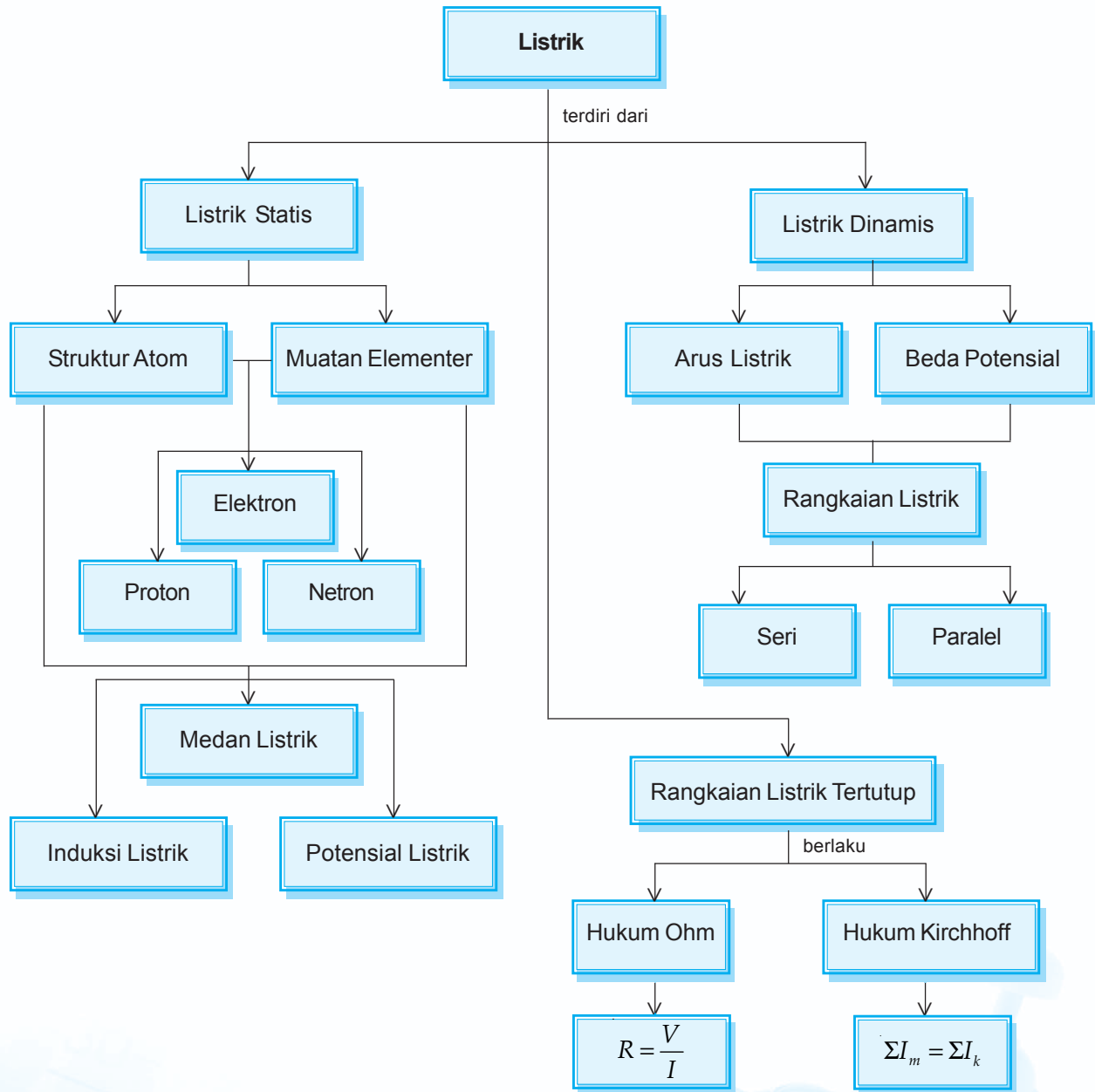


Kilat atau halilintar sering kita jumpai ketika musim penghujan. Apakah sebenarnya kilat itu? Bagaimana kilat dapat terjadi?

Listrik sudah menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari. Bagaimana rangkaian listrik di rumahmu? Komponen-komponen apa saja yang sering digunakan dalam rangkaian listrik.

Mari kita pahami konsep kelistrikan dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran ini kamu dapat mendeskripsikan muatan listrik untuk memahami gejala-gejala listrik statis dan menganalisis percobaan listrik dinamis dalam suatu rangkaian beserta penerapannya.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- atom
- listrik
- rangkaian listrik
- arus listrik
- tegangan listrik
- hambatan



## A Listrik Statis

Sering sekali kita mendengar dan berhubungan dengan listrik. Segala pekerjaan kita dipermudah dengan adanya listrik. Adanya listrik mendorong manusia untuk menemukan alat-alat berteknologi canggih guna membantu memudahkan pekerjaan manusia. Setiap hari kita tak pernah lepas dari segala sesuatu yang berhubungan dengan listrik. Semua alat-alat listrik yang kita gunakan sekarang tidak akan ada jika tidak ada orang yang menemukan listrik.

Sebenarnya, pengetahuan tentang listrik dimulai dari teori atom, yaitu dengan ditemukannya atom dan teori-teori yang menjelaskan tentang perkiraan-perkiraan struktur atom.

### 1. Struktur Atom

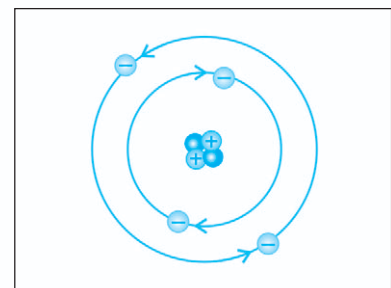
Pernahkah kamu mendengar istilah atom? Atom dalam bahasa Yunani *atomos* yang berarti tidak dapat dibagi-bagi lagi. Atom berarti juga partikel dari suatu materi yang paling kecil. Pendapat bahwa atom merupakan bagian terkecil dari sebuah materi akhirnya runtuh setelah **J.J. Thomson**, seorang ahli Fisika Inggris berhasil menemukan *elektron*. Elektron berada di dalam atom.

Penelitian mengenai atom lebih lanjut dilakukan oleh **Ernest Rutherford**. Rutherford melalui percobaannya menyimpulkan bahwa selain elektron, di dalam atom juga terdapat sebuah muatan positif. Muatan positif ini kemudian disebut sebagai *proton*.

Penemuan elektron oleh J.J. Thomson dan proton oleh Rutherford dilengkapi dengan hasil penelitian **Niels Bohr**. Hasil penelitian ini seakan-akan membuktikan kebenaran penelitian-penelitian sebelumnya. Dari hasil penelitiannya Bohr menyimpulkan bahwa atom terdiri atas *inti atom* dan *kulit atom*. Inti atom terdiri atas muatan positif atau *proton* dan muatan netral atau *neutron*. Inti atom ini dikelilingi oleh elektron yang menempati kulit atom. Struktur atom yang terdiri atas inti atom dan kulit atom ditunjukkan pada **Gambar 5.1**.

Penelitian lebih jauh dapat diketahui bahwa massa inti atom lebih besar daripada massa elektron. Massa inti hampir sama dengan massa atomnya sendiri. Hampir semua massa atom berpusat pada inti atom.

Tahukah kamu bahwa sistem atom ini mempunyai kemiripan dengan tata surya di mana bumi kita sebagai salah satu anggotanya? Di dalam tata surya matahari bertindak sebagai inti dan planet-planetnya mengelilingi matahari. Penjelasan lebih mendalam mengenai atom ini dijelaskan pada bab khusus Teori Atom di SMA.



**Gambar 5.1** Struktur atom menurut Niels Bohr.



## 2. Muatan Listrik

Sebelum mengetahui lebih lanjut tentang listrik statis, mari kita lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 5.1

#### Menjadikan Benda Bermuatan Listrik

##### Alat dan Bahan

Sisir, sobekan-sobekan kecil kertas, dan kain wol.

##### Prosedur Kerja

1. Gosoklah sisir dengan kain wol beberapa kali.
2. Dekatkan sisir tersebut pada sobekan kertas-kertas.
3. Apa yang terjadi? Apakah sobekan-sobekan kertas tersebut menempel ke sisir?
4. Jika percobaan kamu benar, sobekan-sobekan kertas tersebut akan menempel pada sisir. Jika kamu belum berhasil, ulangi langkah-langkah di atas.



Sisir yang telah digosok dengan kain wol dapat menarik sobekan-sobekan kertas. Mengapa hal ini terjadi? Pada awalnya, kain wol dan sisir keduanya tidak bermuatan. Tidak bermuatan berarti jumlah elektron dan proton dalam atom plastik dan wol tersebut adalah sama. Gosokan kain wol pada sisir mengakibatkan elektron-elektron yang terdapat pada kain wol berpindah ke sisir. Dengan demikian, sisir tersebut akan menerima elektron dari kain wol sehingga jumlah elektronnya lebih banyak daripada protonnya. Sisir tersebut menjadi bermuatan negatif. Ketika didekatkan dengan sobekan-sobekan kertas, sobekan-sobekan kertas ini akan tertarik oleh sisir tersebut. Dengan menggosok-gosokkan dua benda (sisir dan kain wol) dapat membuat benda bermuatan listrik. Metode ini disebut metode gesekan. Contoh lain adalah ebonit akan bermuatan negatif jika digosok dengan kain wol dan kaca akan bermuatan positif jika digosok dengan kain sutra. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sebuah benda yang bermuatan listrik dapat menarik benda-benda di sekitarnya. **Listrik statis** adalah listrik yang muatan-muatannya tidak mengalir atau ada dalam keadaan diam.

Mengapa sisir, kain wol, dan benda-benda lainnya dapat mempunyai muatan? Setiap materi tersusun oleh partikel-partikel dan setiap partikel tersusun oleh atom-atom. Atom terdiri atas inti atom yang tersusun oleh proton dan neutron. Inti atom ini diselubungi oleh kulit atom. Pada kulit atom, terdapat elektron-elektron. Proton disebut juga muatan positif, sedangkan neutron merupakan muatan listrik netral. Adapun elektron adalah muatan listrik negatif.

Jika suatu materi mempunyai jumlah proton sama dengan jumlah elektron, materi tersebut dikatakan tidak bermuatan atau netral. Jika jumlah proton lebih banyak daripada jumlah elektron, sehingga atom-atomnya kekurangan elektron, maka atom tersebut dikatakan bermuatan positif. Adapun atom dikatakan bermuatan negatif jika jumlah elektron lebih banyak daripada jumlah proton, sehingga atom-atomnya kelebihan elektron.

#### a. Muatan Listrik Elementer

Telah disebutkan bahwa suatu benda dikatakan bermuatan listrik jika atom-atom benda tersebut kekurangan atau kelebihan elektron. Besarnya muatan listrik bergantung pada seberapa banyak atom-atom tersebut kekurangan atau kelebihan elektron. Semakin banyak atom-atomnya kekurangan atau kelebihan elektron, maka semakin besar muatannya.

Dalam sistem satuan internasional (SI), satuan muatan adalah Coulomb (C). Berapakah muatan listrik sebuah elektron, proton, dan neutron?

Muatan elektron =  $-1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb

Muatan proton =  $+1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb

Muatan neutron = 0 (tidak bermuatan)

### Latihan 5.1

1. Apakah yang dimaksud atom?
2. Jelaskan penemuan ilmuwan berikut yang berkaitan dengan atom!
  - a. J.J. Thomson
  - b. Ernest Rutherford
  - c. Niels Bohr
3. Mengapa mistar plastik yang telah digosok dengan kain wol dapat menarik serpihan-serpihan kertas?
3. Berapakah muatan listrik suatu benda yang atom-atomnya kekurangan 10 elektron?
4. Menurutmu, adakah benda yang atom-atomnya hanya terdiri atas elektron saja?
5. Jelaskan perbedaan antara benda bermuatan positif dan benda bermuatan negatif!

#### b. Interaksi Muatan Listrik

Kamu telah mengetahui bahwa suatu benda dapat bermuatan dengan cara digosok. Jika kita cermati, Tuhan Yang Maha Esa telah menciptakan makhluk-Nya dengan berpasang-pasangan, contohnya ada laki-laki dan ada perempuan. Pasangan-pasangan tersebut akan berinteraksi baik dengan pasangannya maupun dengan sesamanya. Begitupun muatan, muatan ada yang bermuatan positif dan ada yang bermuatan negatif. Untuk mengamati interaksi antarmuatan ini lakukan kegiatan berikut.

## Kegiatan 5.2

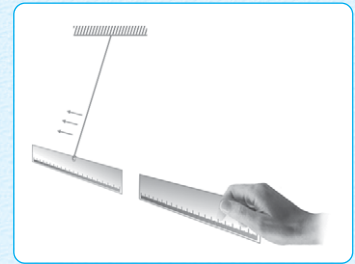
### Interaksi Muatan Listrik Sejenis

#### Alat dan Bahan

Dua buah mistar plastik, tali, dan kain wol.

#### Prosedur Kerja

1. Gantungkan salah satu penggaris dengan tali sedemikian sehingga pada penggaris tersebut tidak ada gaya lain yang bekerja selain gaya gravitasi.
2. Dengan kain wol, gosoklah kedua mistar plastik beberapa saat.
3. Lepaskan penggaris yang digantung sehingga bergantung bebas.
4. Dekatkan penggaris yang kamu pegang pada penggaris yang sedang menggantung.
5. Amatilah apa yang terjadi. Berikan kesimpulanmu.



Ketika kamu menggosok-gosok mistar plastik dengan kain wol, kamu telah membuat kedua mistar plastik tersebut bermuatan negatif. Kedua mistar plastik yang telah bermuatan negatif tersebut didekatkan satu sama lain, ternyata ada sebuah gaya yang menentang atau menolak kedua penggaris tersebut untuk bersentuhan. Charles Augustin de Coulomb telah meneliti fenomena ini dan menyimpulkan bahwa ada interaksi antara muatan-muatan listrik.

Bagaimana interaksi muatan-muatan listrik? Dari **Kegiatan 5.2** dua buah mistar yang bermuatan negatif, terjadi interaksi saling menolak. Coulomb telah menemukan bahwa jika dua muatan sejenis didekatkan, di antara keduanya akan terjadi interaksi saling menolak. Sedangkan jika dua muatan yang tidak sejenis didekatkan, akan terjadi interaksi saling menarik.

Untuk membuktikan kesimpulan Coulomb bahwa dua muatan yang berlainan jenis akan saling menarik, mari kita lakukan kegiatan berikut!

## Kegiatan 5.2

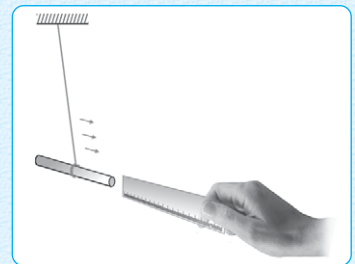
### Interaksi Muatan Listrik Berbeda Jenis

#### Alat dan Bahan

Mistar plastik, kain wol, batang kaca, kain sutra, dan tali.

#### Prosedur Kerja

1. Gantungkan batang kaca dengan tali.
2. Gosoklah mistar plastik dengan kain wol dan gosok pula batang kaca dengan kain sutra.
3. Dekatkan mistar plastik dengan batang kaca yang tergantung.
4. Amati apa yang terjadi. Berikan kesimpulanmu.





Ketika kamu menggosokkan kain wol ke mistar plastik, maka terjadi perpindahan elektron dari wol ke mistar plastik sehingga mistar plastik tersebut bermuatan listrik negatif. Penggosokan batang kaca dengan kain sutra menyebabkan elektron pindah dari kaca ke sutra sehingga batang kaca bermuatan positif. Ketika didekatkan, antara mistar plastik dan batang kaca terjadi gaya tarik-menarik. Mengapa hal ini terjadi? Sesuai dengan yang disimpulkan oleh Coulomb bahwa muatan tidak sejenis akan tarik-menarik. Mistar dan batang kaca pada kegiatan ini mempunyai muatan yang tidak sejenis, sehingga antara keduanya terjadi gaya tarik-menarik. Contoh benda-benda yang bermuatan listrik karena digosok dengan benda lain ditunjukkan pada **Tabel 1.1**.

**Tabel 5.1** Muatan listrik suatu benda karena digosok benda lain

Benda	Digosok dengan	Muatan Listrik
Plastik	kain wol	negatif
Ebonit	kain wol	negatif
Kaca	kain sutra	positif
Sisir	rambut	negatif

### c. Hukum Coulomb

Ketika dua buah muatan sejenis didekatkan satu sama lain, terdapat sebuah gaya yang saling menolak yang mencegah kedua muatan tersebut bersatu. Sebaliknya, jika dua buah muatan yang berlainan jenis didekatkan, akan timbul gaya saling menarik. Gaya tolak-menolak dan gaya tarik-menarik ini disebut **gaya elektrostatik**.

Coulomb berhasil menghitung besarnya gaya antarmuatan ini. Sebagai penghargaan atas penemuannya, gaya antarmuatan ini dinamakan **gaya Coulomb**. Dalam penelitiannya, Coulomb menggunakan alat yang dinamakan neraca puntir, seperti terlihat pada **Gambar 5.2**.

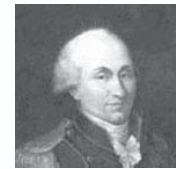
Jika bola A dan B yang bermuatan sejenis didekatkan, maka akan tolak menolak, sehingga lengan neraca terpuntir dari kedudukan seimbang. Makin besar sudut puntiran lengan neraca, makin besar gaya listrik. Coulomb mengukur gaya listrik untuk berbagai pasangan bola A dan B yang muatan listriknya berbeda dan gaya listrik antara pasangan bola A dan B untuk berbagai jarak pisah dengan dasar sudut puntiran tersebut.

Dari hasil penelitiannya, Charles Coulomb menyimpulkan sebagai berikut.

Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua benda yang bermuatan listrik sebanding dengan hasil kali kedua muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.

## Tokoh Sains

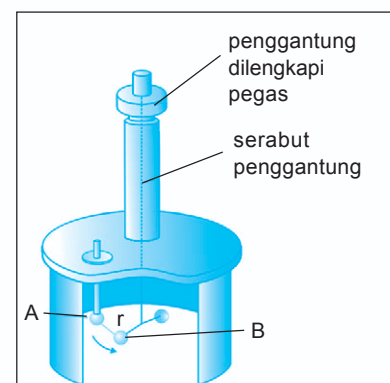
### Coulomb



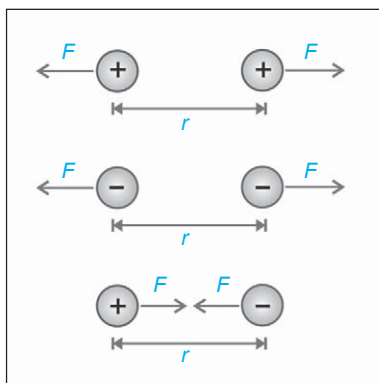
Charles-Augustin de Coulomb (14 Juni 1736 - 23 Agustus 1806) adalah seorang ilmuwan Perancis. Coulomb berbakat besar dalam bidang matematika dan belajar teknik untuk menjadi Korps Ahli Teknik Kerajaan. Setelah bertugas di Martinique selama beberapa tahun, ia kembali ke Paris dan di tahun 1779 terpilih menjadi anggota Akademi Ilmiah di tahun 1781.

Percobaan awal Coulomb meliputi tekanan yang bisa memecahkan suatu benda (1773) dan ini adalah awal ilmu modern tentang kekuatan benda-benda. Karyanya di bidang listrik dan magnet yang membuatnya begitu terkenal, baru diterbitkan dalam serangkaian makalah antara tahun 1785 dan 1789.

Sumber: [id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org)



**Gambar 5.2** Neraca puntir



**Gambar 5.3** Muatan yang sejenis akan tolak menolak dan muatan yang tidak sejenis akan tarik menarik.

Misalkan muatan pertama dilambangkan dengan  $Q_1$ , muatan kedua dilambangkan dengan  $Q_2$ , dan jarak antara kedua muatan tersebut dilambangkan  $r$ . Besarnya gaya coulomb dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \dots\dots (5.1)$$

### Keterangan:

$F$	=	gaya coulomb (N)
$k$	=	tetapan = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
$Q_1, Q_2$	=	besar muatan (coulomb)
$r$	=	jarak antarmuatan (m)

### Contoh

1. Diketahui dua buah muatan listrik masing-masing bermuatan  $+5 \times 10^{-9} \text{ C}$  dipisahkan oleh jarak 0,5 cm. Bagaimanakah in-teraksi kedua muatan tersebut? Hitunglah gaya Coulombnya!

**Jawab:**

$$Q_1 = Q_2 = +5 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 0,5 \text{ cm} = 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = \dots ?$$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{(5 \times 10^{-9} \text{ C}) \cdot (5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0,5 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Karena kedua muatan tersebut sejenis, interaksi antara kedua muatan tersebut adalah tolak menolak. Besar gaya tolak menolaknya adalah  $9 \times 10^{-3} \text{ N}$ .

2. Dua buah muatan listrik masing-masing bermuatan  $+8 \times 10^{-9} \text{ C}$  dipisahkan oleh jarak  $r$ . Jika diketahui gaya coulomb antara dua muatan tersebut adalah  $3,6 \times 10^{-4} \text{ N}$ , hitunglah nilai  $r$ !

**Jawab:**

$$Q_1 = Q_2 = +8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$F = 3,6 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$r = \dots ?$$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow 3,6 \times 10^{-4} \text{ N} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{(8 \times 10^{-9} \text{ C}) \cdot (8 \times 10^{-9} \text{ C})}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow 3,6 \times 10^{-4} \text{ N} = \frac{576 \times 10^{-9} \text{ Nm}^2}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow r^2 = \frac{576 \times 10^{-9} \text{ Nm}^2}{3,6 \times 10^{-4} \text{ N}} = 16 \times 10^{-4}$$

$$\Leftrightarrow r = \sqrt{16 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Jadi, nilai  $r$  adalah  $4 \times 10^{-2} \text{ m}$  atau 4 cm.

Selain dipengaruhi oleh muatan dan jarak antarmuatan, gaya Coulomb juga dipengaruhi oleh medium di antara kedua muatan tersebut. Gaya Coulomb antara dua muatan yang terletak di dalam medium air akan berbeda ketika kedua muatan tersebut terletak di udara.

#### d. Elektroskop

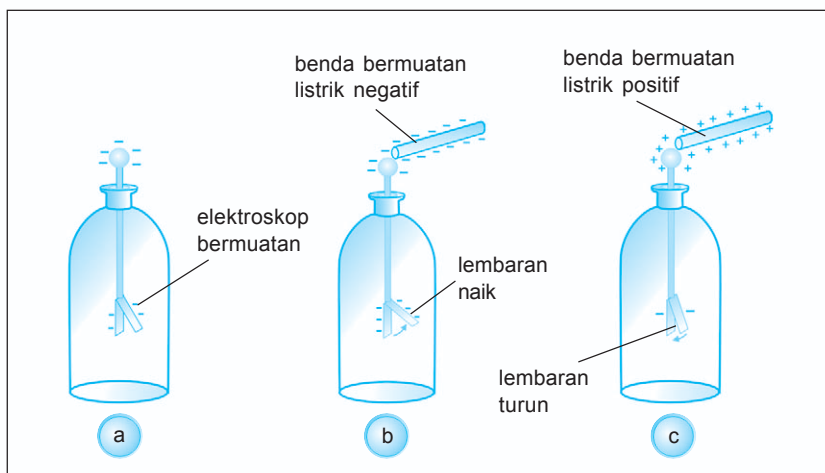
Bagaimana mengetahui sebuah benda bermuatan atau tidak? Untuk mengetahui apakah sebuah benda bermuatan atau tidak dapat diamati menggunakan alat yang dinamakan elektroskop. Elektroskop yang paling umum digunakan adalah elektroskop lembaran emas. Skema elektroskop terlihat seperti **Gambar 5.4**.

Prinsip kerja alat ini berdasarkan sifat muatan, yaitu akan saling menolak jika didekatkan dengan muatan yang sejenis. Elektroskop berbentuk tabung. Di dalam tabung terdapat lembaran emas yang dapat diberi muatan dari bagian atas melalui sebuah kawat konduktor. Jika sebuah benda bermuatan ditempelkan pada kawat konduktor, maka lembaran emas dan batang akan bermuatan pula. Karena jenis muatannya sama, keduanya akan saling menolak dan lembaran emas akan menjauhi batang membentuk huruf "V" terbalik. Semakin besar muatan yang diberikan, lembaran tersebut semakin jauh membuka. Dengan demikian kita dapat mengetahui bahwa benda yang ditempelkan pada ujung atas elektroskop bermuatan.

Bagaimana menentukan jenis muatan listrik suatu benda? Kamu tidak dapat menggunakan elektroskop netral untuk menentukan jenis muatan suatu benda, oleh karena itu kamu harus menggunakan elektroskop bermuatan listrik. Misal elektroskop bermuatan negatif yang daun/lembarannya mekar. Perhatikan **Gambar 5.5**!



**Gambar 5.4** Elektroskop



**Gambar 5.5** a. Elektroskop listrik negatif.  
b. Ketika didekatkan benda bermuatan negatif, lembaran/daun naik.  
c. Ketika didekatkan benda bermuatan positif, lembaran/daun turun.



**Gambar 5.5a** menunjukkan sebuah elektroskop bermuatan listrik negatif. Ketika didekati suatu benda bermuatan listrik, lembaran/daun pada elektroskop makin naik, berarti benda bermuatan yang didekatkan kepala elektroskop mempunyai muatan yang sejenis dengan muatan elektroskop, yaitu bermuatan negatif (**Gambar 5.5b**). Sebaliknya pada **Gambar 5.5c** ketika kepala elektroskop didekati benda bermuatan listrik, lembaran/daun elektroskop makin turun (lebih menguncup). Ini berarti benda bermuatan yang didekatkan pada kepala elektroskop mempunyai muatan yang tidak sejenis dengan muatan elektroskop. Muatan benda bermuatan yang didekatkan kepala elektroskop tersebut bermuatan positif.

### 3. Induksi Listrik

Kamu telah mengetahui bahwa sebuah benda dapat bermuatan listrik dengan cara digosok. Selain digosok, sebuah benda dapat bermuatan dengan cara induksi. Bagaimana terjadinya induksi listrik?

**Gambar 5.6** memperlihatkan sebuah batang P yang tidak bermuatan (netral). Terlihat bahwa jumlah elektron dan jumlah protonnya sama. Ketika sebuah batang Q yang bermuatan negatif didekatkan pada ujung B, muatan-muatan pada batang P akan bereaksi. Semua muatan negatif akan menolak muatan negatif yang berasal dari batang Q, sedangkan semua muatan positif akan tertarik oleh batang Q. Hal ini sesuai dengan sifat elektron yang akan saling menolak jika muatannya sama dan akan saling menarik jika muatannya berbeda.

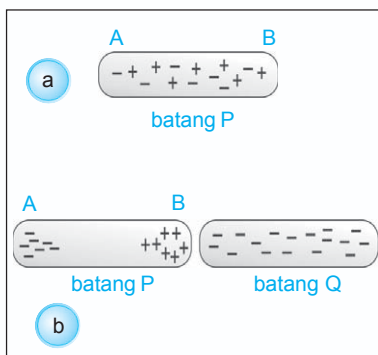
Muatan negatif batang P akan berkumpul di ujung A dan muatan positif akan berkumpul di ujung B. Jika ujung A batang P didekatkan pada elektroskop, apa yang terjadi? Keping yang terdapat pada elektroskop pasti akan membuka karena memperoleh muatan sejenis yaitu muatan negatif dari ujung A batang P. Peristiwa ini disebut sebagai **induksi listrik**.

### 4. Medan Listrik

Konon, ketika Newton menemukan hukum gravitasi, diilhami oleh sebuah apel yang jatuh dari pohonnya ke tanah. Newton memikirkan mengapa hal tersebut terjadi. Hasil pemikirannya sampai pada sebuah kesimpulan bahwa di antara dua buah benda yang mempunyai massa ada interaksi tarik-menarik. Kesimpulan ini terkenal dengan **hukum gravitasi Newton**.

Buah apel akan jatuh ke tanah karena ada gaya tarik bumi yang disebut **gaya gravitasi**. Massa bumi jauh lebih besar daripada massa sebuah apel. Oleh karena itu, apel akan tertarik oleh bumi, bukan sebaliknya. Dalam hal ini, dikatakan bahwa apel terletak pada medan gravitasi bumi.

Dua buah muatan yang diletakkan pada jarak tertentu akan mengalami hal serupa dengan buah apel yang jatuh ke bumi. Sebuah muatan akan mempunyai medan listrik di sekitarnya



**Gambar 5.6** a. Batang P yang netral (tidak bermuatan)  
b. Batang P didekatkan dengan batang Q yang bermuatan negatif.

sehingga jika sebuah muatan uji diletakkan pada jarak tertentu, muatan uji tersebut akan mengalami gaya tarik atau gaya tolak dari muatan tersebut selama muatan uji tersebut berada dalam medan listrik bermuatan.

**Medan listrik** adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik. Benda bermuatan listrik mempunyai garis-garis, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.7**. Garis-garis gaya listrik pada muatan positif bergerak ke luar. Sedangkan pada muatan negatif garis-garis gayanya menuju pusat. Garis-garis gaya berasal dari muatan positif menuju muatan negatif seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.8**.

Misalkan, sebuah muatan uji  $q$  diletakkan pada jarak tertentu dari muatan  $Q$ . Ternyata, muatan uji tersebut akan tertarik oleh muatan  $Q$ . Dalam hal ini muatan uji  $q$  berada di dalam medan listrik muatan  $Q$ . Bagaimana menentukan besarnya kuat medan listrik muatan  $Q$ ? Kuat medan listrik didefinisikan sebagai berikut.

Besarnya gaya Coulomb yang dialami oleh sebuah muatan uji  $q$  akibat adanya muatan  $Q$  dibagi dengan besarnya muatan uji  $q$ .

Dalam bentuk matematis, definisi tersebut dituliskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$\text{kuat medan listrik} = \frac{\text{gaya Coulomb}}{\text{muatan uji}}$$

$$E = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

**Keterangan:**

$E$  = kuat medan (N/C)

$Q$  = muatan (C)

$r$  = jarak muatan uji ke muatan tertentu (m)

Dari **Persamaan (5.2)** terlihat bahwa untuk mengetahui besarnya kuat medan listrik dari sebuah muatan, kita hanya memerlukan besarnya muatan tersebut serta jarak muatan uji dari muatan yang akan dicari besar medan listriknya. Terlihat bahwa semakin besar muatannya, semakin besar kuat medan listriknya untuk jarak yang sama. Semakin dekat muatan uji dari suatu muatan yang akan dicari kuat medannya, semakin besar kuat medan listriknya untuk muatan yang sama.

**Contoh**

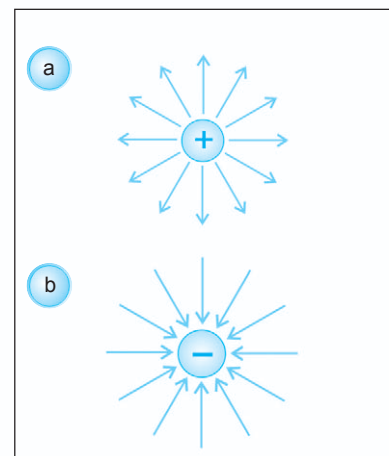
Hitunglah kuat medan listrik dari sebuah muatan  $Q$  yang muatannya  $7 \times 10^{-9}$  C pada jarak 7 cm dari muatan tersebut!

**Jawab:**

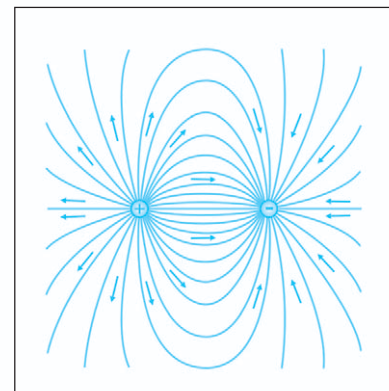
$$Q = +7 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 7 \text{ cm} = 7 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$E = \dots ?$$



**Gambar 5.7** a. Medan listrik muatan positif.  
b. Medan listrik muatan negatif.



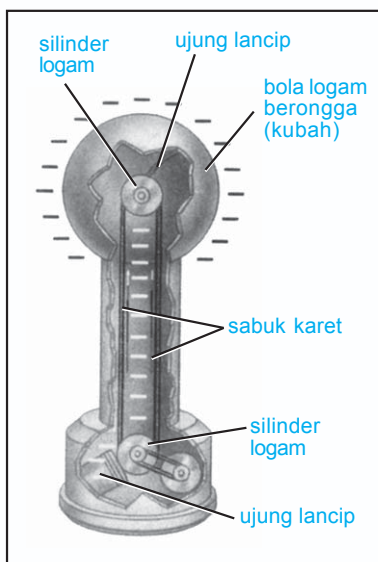
**Gambar 5.8** Garis-garis gaya listrik antara muatan positif dan negatif.

$$\begin{aligned}
 E &= k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \\
 &= 9 \times 10^9 \cdot \frac{7 \times 10^{-9}}{(7 \times 10^{-2})^2} \\
 &= 1,29 \times 10^4
 \end{aligned}$$

Jadi, kuat medan listriknya sebesar  $1,29 \times 10^4 \text{ N/C}$ .

## 6. Penerapan Listrik Statis

Listrik statis juga dapat dihasilkan dengan menggunakan generator listrik statis. Contoh generator listrik statis adalah generator Van de Graaff (**Gambar 5.9**).



**Gambar 5.9** Generator Van de Graaff

Sumber: Ensiklopedia IPTEK

Generator Van de Graaff menghasilkan listrik statis yang besar dengan metode gesekan. Gesekan antara silinder logam bawah dengan sabuk karet menimbulkan muatan listrik negatif pada sabuk karet. Gesekan antara silinder politen atas dengan sabuk karet menimbulkan muatan positif pada sabuk karet. Jadi, gerak sabuk karet ke atas selalu membawa muatan listrik negatif dan gerak ke bawah selalu membawa muatan listrik positif. Muatan listrik negatif menempati permukaan luar bola yaitu kubah. Di dalam bola tidak ada muatan listrik. Karena sabuk karet terus bergerak, maka muatan listrik negatif pada kubah terus bertambah. Muatan listrik positif pada sabuk karet bawah mengalir ke tanah, sehingga muatan ini dinetralkan oleh muatan listrik dari tanah.

Contoh penerapan listrik statis antara lain sebagai berikut.

- Pengendap elektrostatis pada cerobong asap, fungsinya membersihkan gas buang yang keluar melalui cerobong asap agar tidak mengandung partikel-partikel pencemar.
- Pengecatan mobil, penggunaan penyemprot cat elektrostatis.
- Mesin fotokopi (selain menerapkan konsep optik).
- Petir

Petir merupakan fenomena listrik statis yang sering terjadi pada waktu hujan badai. Awan badai terbentuk oleh uap air, debu, garam dari lautan, dan bahan-bahan lainnya. Di dalamnya arus udara mengalir dengan kencang sehingga menyebabkan partikel-partikel di dalam awan tersebut tersebut saling bertabrakan. Pada peristiwa tabrakan itu terjadi pelepasan elektron antara partikel yang satu dengan partikel yang lain. Partikel yang kehilangan elektron akan bermuatan positif sedangkan partikel yang menerima elektron akan bermuatan negatif. Para ilmuwan belum mengetahui secara pasti mengapa partikel yang relatif lebih berat cenderung bermuatan negatif dan partikel yang lebih ringan cenderung bermuatan positif. Hal inilah yang menyebabkan pada bagian bawah awan berkumpul partikel bermuatan negatif dan pada bagian atas awan berkumpul partikel bermuatan positif.



Selama hujan badai terjadi, bumi yang bermuatan positif akan menarik awan yang bermuatan negatif ke bawah. Pada proses ini muatan akan mencari proses penyaluran yang paling pendek, yaitu tempat-tempat yang paling dekat dengan awan, seperti gedung-gedung tinggi, pohon, dan antena pemancar. Ketika terjadi petir, suhunya dapat mencapai ribuan derajat Celsius dan mengandung energi ribuan mega volt. Kekuatan petir dapat menghancurkan gedung, membunuh hewan dan manusia, serta dapat memusnahkan pohon menjadi serpihan-serpihan.

Untuk melindungi gedung-gedung pencakar langit dari petir, **Benjamin Franklin**, ilmuwan abad ke-17, memprakarsai pembuatan penangkal petir. Saat ini para ilmuwan banyak melakukan eksperimen untuk memanfaatkan energi listrik dalam petir yang sangat besar.

### Info Sains

#### Apakah hanya listrik saja yang mempunyai medan?

Tidak, bukan hanya listrik saja yang memiliki medan. Misalnya gravitasi dan suhu. Pada prinsipnya, selama suatu benda dapat merasakan pengaruh dari benda lain dikatakan benda tersebut berada dalam sebuah medan.

### Tugas 5.1

Carilah pemanfaatan listrik statis yang lain dalam kehidupan sehari-hari kemudian diskusikan dengan teman kelompokmu!

### Latihan 5.2

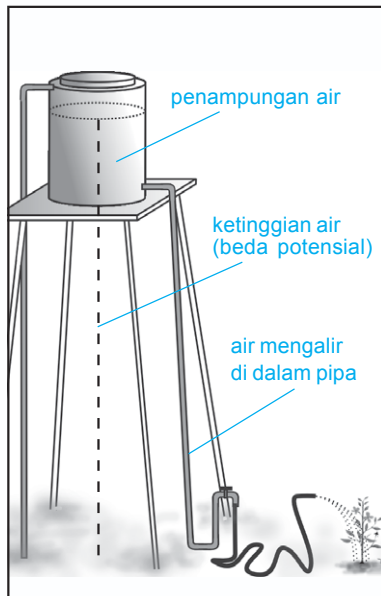
1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gaya yang terjadi antarmuatan!
2. Apa yang dimaksud dengan medan listrik? Besaran-besaran fisika apa saja yang mempunyai medan?
3. Hitunglah kuat medan listrik dari sebuah muatan  $Q$  yang muatannya  $5 \times 10^{-9}$  C pada jarak 4 cm dari muatan tersebut!
4. Apa yang dimaksud beda potensial listrik?
5. Beda potensial listrik benda P dan benda Q diketahui sebesar 10 J/C dan besar muatan yang dapat dipindahkan adalah 20 C. Hitunglah usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan tersebut!



## Listrik Dinamis

Lampu pijar merupakan aplikasi pemanfaatan listrik. Lampu pijar menghasilkan energi cahaya dengan prinsip arus mengalir melewati kawat tipis dan menimbulkan sinar putih-panas. Saat arus listrik mengalir melalui kumparan, kumparan akan panas secara cepat dan memancarkan cahaya. Apa yang dimaksud dengan arus listrik?

## 1. Pengertian Arus Listrik

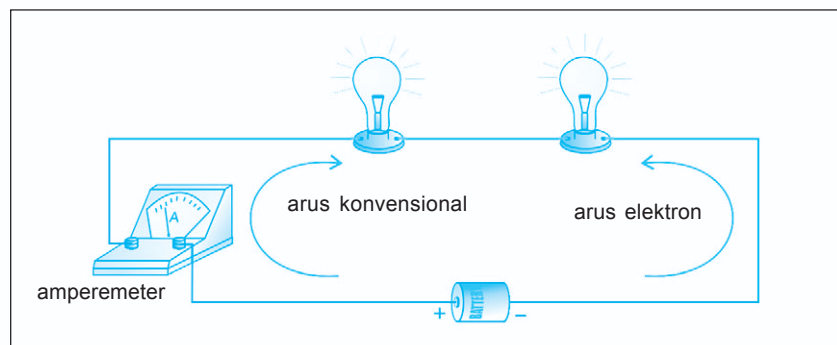


**Gambar 5.10** Air dapat mengalir melalui selang dan memancar karena memiliki beda potensial (ketinggian) antara tanah dan tempat penampungan air.

Pernahkah kamu menggunakan slang air untuk menyiram tanaman? Dari mana air yang digunakan untuk menyiram tanaman tersebut? Hampir setiap rumah mempunyai sebuah penampungan air yang digunakan untuk mandi, memasak, dan sebagainya. Penampungan air diletakkan pada tempat yang cukup tinggi. Biasanya ketinggiannya hampir sama dengan atap rumah. Selang air yang digunakan untuk menyiram tanaman berasal dari tempat penampungan air melalui pipa. Mengapa air dapat memancar dengan deras dari selang? Air dalam penampungan yang diletakkan pada ketinggian mempunyai energi potensial. Apakah energi potensial itu? Kamu telah mempelajarinya di kelas VII. Energi potensial adalah energi yang dimiliki sebuah benda karena benda tersebut mempunyai ketinggian. Ketinggian ini diukur relatif dari tanah. Energi potensial ini dapat berubah menjadi energi gerak (energi kinetik). Air dapat mengalir melalui selang karena adanya beda potensial antara tempat penampungan air yang berada pada suatu ketinggian dengan ujung selang yang kamu pegang. Karena beda potensial ini air mengalir melalui slang. Aliran air ini dinamakan arus. Semakin tinggi tempat penampungan air diletakkan, semakin deras arus air yang keluar dari ujung slang.

Bagaimana dengan arus listrik? Perumpamaan arus listrik mirip dengan arus air yang melalui slang seperti penjelasan di atas. Jika pada arus air, yang mengalir adalah air, sedangkan pada arus listrik yang mengalir adalah muatan listrik. Pada abad ke-19, para ilmuwan telah sepakat bahwa arus listrik merupakan aliran muatan positif pada suatu penghantar karena perbedaan potensial.

Ternyata, setelah ditemukan elektron oleh J.J. Thompson, anggapan ini keliru. Bukan muatan positif yang mengalir, melainkan muatan negatif atau elektron. Akan tetapi, anggapan bahwa arus listrik mengalir dari kutub yang bermuatan positif ke kutub yang bermuatan negatif masih digunakan. Hal ini dikarenakan kuantitas banyaknya elektron yang mengalir dalam satu arah sama dengan jumlah muatan negatif yang mengalir dalam arah berlawanan. Pengertian arus listrik merupakan aliran muatan positif dari potensial tinggi ke potensial rendah disebut arus konvensional. Perhatikan **Gambar 5.11**!

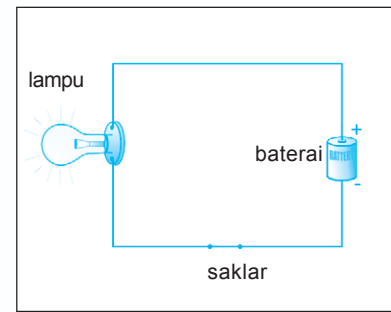


**Gambar 5.11** Arus elektron berlawanan arah dengan arus konvensional.

Pada pembahasan tentang beda potensial listrik telah dibahas bahwa suatu benda mempunyai beda potensial tertentu. Semakin besar beda potensial listrik semakin besar arus listrik yang dapat ditimbulkan. Tidak seperti aliran air, aliran arus listrik tidak dapat kamu lihat. Akan tetapi bukti bahwa arus listrik memang ada dapat kamu lihat pada lampu di rumahmu yang menyala merupakan.

**Gambar 5.12** merupakan rangkaian sederhana yang membuktikan bahwa arus listrik mengalir pada rangkaian tersebut yang ditandai dengan menyalnya lampu ketika saklar ditutup. Dengan menutup saklar, menjadikan rangkaian tersebut menjadi rangkaian tertutup sehingga arus listrik dapat mengalir.

Ada istilah penting yang sering digunakan dalam pembahasan listrik dinamis yaitu rangkaian listrik tertutup dan rangkaian listrik terbuka. Ketika kamu menyambungkan saklar, arus listrik dapat mengalir dalam rangkaian sehingga lampu dapat menyala. Sebaliknya, jika saklar terbuka, arus listrik tidak dapat mengalir dalam rangkaian sehingga lampu tidak menyala. Coba kamu simpulkan sendiri apa yang dimaksud rangkaian listrik tertutup dan rangkaian listrik terbuka.



**Gambar 5.12** Arus listrik mengalir di dalam sebuah rangkaian.

## Kegiatan 5.4

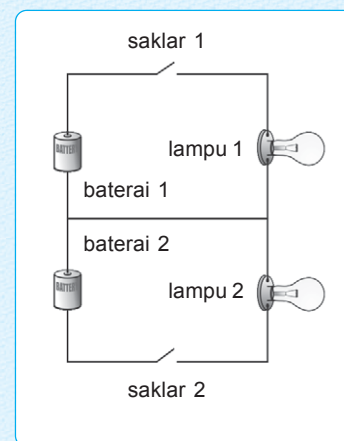
### Arus Listrik dalam Rangkaian Tertutup

#### Alat dan Bahan

Dua buah lampu kecil 3 volt dan dudukannya, 2 buah baterai dan dudukannya, dan dua buah saklar.

#### Prosedur Kerja

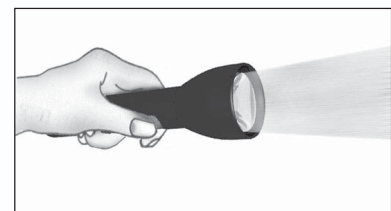
1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Tutuplah saklar 1 dan saklar 2. Apakah lampu 1 dan lampu 2 menyala?
3. Biarkan saklar 1 tetap tertutup. Bukalah saklar 2, apa yang terjadi?
4. Bukalah saklar 1 dan tutup saklar 2, apa yang terjadi?
5. Apakah kesimpulan dari kegiatan ini?



**Kegiatan 5.4** merupakan kegiatan yang membuktikan bahwa arus listrik mengalir di dalam rangkaian tertutup. Ketika kedua saklar tertutup, kedua lampu menyala. Ketika saklar 1 tertutup dan saklar 2 terbuka, ternyata lampu 1 menyala dan lampu 2 padam. Sebaliknya, ketika saklar 1 terbuka dan saklar 2 tertutup, maka lampu 1 padam dan lampu 2 menyala.

## 2. Kuat Arus Listrik

Ketika kamu memancarkan air dari slang, kamu dapat melihat kekuatan air memancar. Semakin tinggi tempat penampungan air, semakin kencang air tersebut memancar.



**Gambar 5.13** Nyala lampu senter makin redup jika sering dipakai.

Jika sebuah lampu senter dinyalakan dan baterai yang digunakan adalah baterai baru, apa yang terjadi? Lampu senter tersebut akan menyala terang. Akan tetapi cahaya lampu senter yang terang tidak akan bertahan selamanya. Semakin lama lampu senter tersebut dinyalakan, cahaya lampu senter tersebut semakin redup.

Mobil-mobilan yang menggunakan baterai akan melaju dengan cepat dan lincah jika baterai yang digunakannya masih baru. Akan tetapi, mobil-mobilan tersebut akan semakin lemah jika baterainya semakin sering digunakan.

Dari kedua contoh di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa kuat arus dipengaruhi oleh potensial sumber arus listrik tersebut. Semakin besar beda potensialnya, semakin besar kuat arus yang dapat dihasilkannya. Apakah arus listrik itu? Perhatikan sebuah baterai. Sebuah baterai mempunyai dua kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif mempunyai potensial lebih besar daripada kutub negatif. Oleh karena itu, muatan listrik dapat mengalir dari kutub positif ke kutub negatif. Aliran muatan ini semakin lama semakin kecil. Jadi, ada hubungan antara kuat arus dan waktu.

**Kuat arus listrik** didefinisikan sebagai banyaknya muatan listrik yang mengalir setiap sekon. Kuat arus listrik dilambangkan dengan  $I$  dan satuannya adalah ampere (A). Satu ampere merupakan muatan 1 Coulomb yang mengalir setiap satu sekon. Jika definisi kuat arus ini dituliskan dalam bentuk matematika, diperoleh:

$$I = \frac{Q}{t} \quad \dots\dots (5.3)$$

#### Keterangan:

- $I$  = kuat arus listrik (A = ampere)  
 $Q$  = muatan listrik (C = Coulomb)  
 $t$  = waktu (s = sekon)

Satuan kuat arus lainnya adalah sebagai berikut.

- miliampere (mA),  $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$
- mikroampere ( $\mu\text{A}$ ),  $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

#### Contoh

- Muatan sebesar 180 coulomb mengalir dalam 30 detik. Hitunglah kuat arus listriknya!

**Jawab:**

$$Q = 180 \text{ C}$$

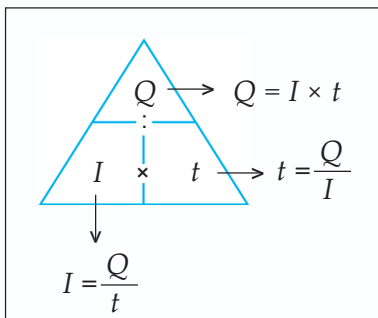
$$t = 30 \text{ sekon}$$

$$I = \dots ?$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{180 \text{ C}}{30 \text{ s}} = 6 \text{ C/s}$$

Jadi, besarnya arus listrik adalah 6 A.

- Jika diketahui kuat arus sebuah sumber arus listrik adalah 5 A, hitunglah muatan yang mengalir selama 1 menit!



Gambar 5.14 Segitiga ohm



**Jawab:**

$$I = 5 \text{ A}$$

$$t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$$

$$Q = \dots ?$$

$$I = \frac{Q}{t} \Leftrightarrow Q = I \times t = 5 \text{ A} \times 60 \text{ s} = 300 \text{ C}$$

Jadi, banyaknya muatan yang mengalir adalah 300 C.

### Tugas 5.2

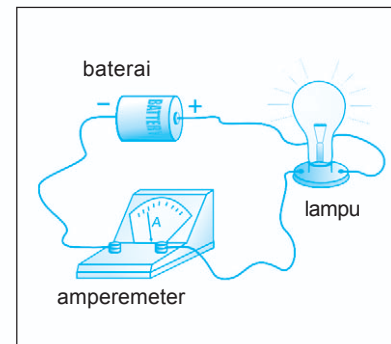
Baterai ponsel yang kosong perlu diisi ulang agar dapat digunakan lagi. Carilah informasi tentang apa yang dimaksud isi ulang (*recharge*)! Bagaimana cara kerjanya dan mengapa ada baterai yang dapat diisi ulang dan ada yang tidak?

## 3. Mengukur Kuat Arus Listrik

Telah disebutkan bahwa kuat arus listrik mempunyai satuan ampere. *Satu ampere* didefinisikan sebagai banyaknya muatan yang mengalir setiap satu sekon.

Bagaimana jika kamu ingin mengetahui besarnya arus listrik dari sebuah baterai 1,5 volt? Untuk mengukur kuat arus listrik digunakan sebuah alat yang dinamakan **amperemeter**.

Penggunaan amperemeter ini dihubungkan dengan kedua kutub baterai yaitu kutub positif dan kutub negatif sedemikian sehingga arus listrik dari baterai melewati amperemeter. Untuk lebih memahami bagaimana penggunaan amperemeter, lakukan kegiatan berikut!



**Gambar 5.15** Amperemeter disusun seri dalam rangkaian listrik.

### Kegiatan 5.5

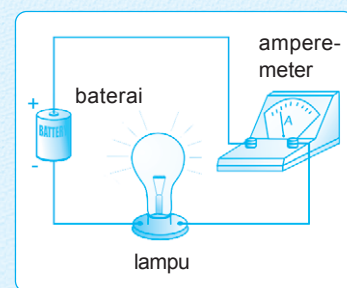
#### Menggunakan Amperemeter

##### Alat dan Bahan

Sebuah amperemeter, baterai beserta dudukannya, lampu, dan kabel secukupnya.

##### Prosedur Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Amati jarum pada amperemeter.
3. Catatlah angka yang terbaca oleh amperemeter tersebut.
4. Bagaimana jika kabel pada salah satu kutub baterai dilepas? Apakah jarum amperemeter bergerak?
5. Berikan kesimpulanmu.



Ketika amperemeter dihubungkan dengan baterai, jarum amperemeter tersebut akan bergerak. Hal ini menandakan bahwa baterai tersebut masih dapat mengeluarkan arus listrik dan rangkaiannya benar.

#### 4. Potensial Listrik

Angkatlah sebuah beban yang terletak pada lantai setinggi  $h$ . Ketika kamu mengangkat beban tersebut, kamu mengeluarkan gaya untuk melawan gaya tarik gravitasi terhadap benda tersebut. Besarnya gaya yang kamu berikan dikalikan perpindahan benda dari keadaan semula dalam hal ini ketinggian  $h$  dinamakan usaha. Usaha juga dapat dihitung dengan menghitung beda potensial ketika benda berada di atas lantai dan ketika benda berada pada ketinggian  $h$ .

Hal serupa terjadi ketika sebuah muatan uji  $+q$  yang berada dalam sebuah medan listrik dari sebuah muatan  $-Q$  digerakkan menjauhi muatan  $-Q$ . Karena antara kedua muatan ini saling menarik, diperlukan sebuah usaha untuk memindahkan muatan uji  $q$  tersebut. Besarnya usaha dibagi besarnya muatan uji dinamakan beda potensial listrik. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$v_1 - v_2 = \frac{W}{q} \quad \text{..... (5.4)}$$

##### Keterangan:

$W$  = usaha (Joule)

$v_1 - v_2$  = beda potensial antara kedudukan 1 dan kedudukan 2 (volt atau Joule/Coulomb)

$q$  = muatan listrik (Coulomb)

##### Contoh

Muatan listrik sebesar 40 C dipindahkan dari benda 1 menuju ke benda 2. Jika diketahui usaha untuk memindahkan benda tersebut adalah 120 J, hitunglah beda potensial listrik antara benda 1 dan benda 2!

**Jawab:**

$q = 40 \text{ C}$

$W = 120 \text{ J}$

$\Delta v = \dots ?$

$$v_1 - v_2 = \frac{W}{q} = \frac{120 \text{ J}}{40 \text{ C}} = 3 \text{ J/C}$$

Jadi, besarnya beda potensial adalah 3 volt.

#### 5. Beda Potensial Listrik

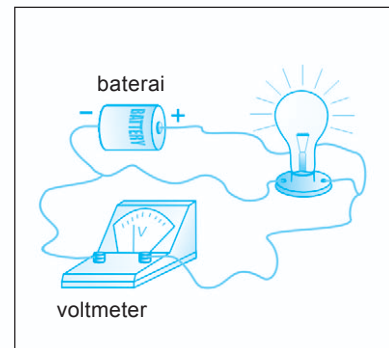
Mengapa arus listrik dapat mengalir? Perhatikan ketika kamu menjatuhkan benda dari ketinggian. Benda akan jatuh karena tertarik oleh bumi. Benda yang terletak pada suatu ketinggian memiliki energi potensial. Berarti ada beda potensial antara benda yang terletak pada suatu ketinggian dengan titik acuan (bumi).

Bagaimana dengan arus listrik? Arus listrik pun dapat mengalir karena adanya beda potensial. Baterai dapat mengalirkan arus listrik karena baterai mempunyai beda potensial antara kedua kutubnya yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif mempunyai potensial lebih besar daripada kutub negatif. Dengan demikian, arus listrik pada baterai akan mengalir dari kutub positif ke kutub negatif.

Perbedaan potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian dinamakan *tegangan*. Biasanya, baterai mempunyai tegangan yang tertulis pada bagian luarnya misalnya 1,5 V, artinya baterai tersebut mempunyai beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif sebesar 1,5 V.

Seperti halnya arus listrik yang dapat diukur menggunakan amperemeter, tegangan (beda potensial) dapat juga diukur. Alat untuk mengukur beda potensial disebut **voltmeter**.

Ada perbedaan cara mengukur beda potensial dengan cara mengukur arus. Arus listrik diukur dengan merangkai amperemeter secara seri dalam suatu rangkaian, sedangkan mengukur beda potensial listrik dilakukan dengan merangkai voltmeter secara sejajar (paralel) dalam suatu rangkaian. Untuk memahami cara mengukur beda potensial menggunakan voltmeter, mari kita lakukan kegiatan berikut!



**Gambar 5.16** Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan listrik, dipasang paralel dalam rangkaian listrik.

## Kegiatan 5.6

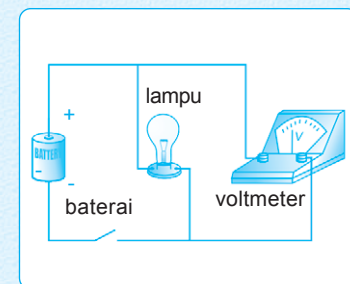
### Menggunakan Voltmeter

#### Alat dan Bahan

Sebuah voltmeter, baterai beserta dudukannya, lampu, saklar, dan kabel secukupnya.

#### Prosedur Kerja

1. Rangkai peralatan seperti gambar di samping
2. Tutuplah saklar pada rangkaian.
3. Perhatikan lampu pada rangkaian, apakah menyala?
4. Jika lampu menyala, hal ini menandakan bahwa arus listrik telah mengalir dalam rangkaian.
5. Perhatikan voltmeter, apakah jarum penunjuk bergerak? Catatlah angka yang ditunjukkan oleh voltmeter tersebut.



Ketika saklar ditutup, lampu akan menyala. Pada keadaan ini, kamu dapat mengukur beda potensial dengan membaca angka yang ditunjukkan oleh jarum pada voltmeter. Dapat disimpulkan bahwa beda potensial dapat diukur jika rangkaian dalam keadaan tertutup dan ada arus listrik yang mengalir dari sebuah sumber arus listrik misalnya baterai. Tapi perlu diingat, voltmeter harus dirangkai secara paralel. Angka yang ditunjukkan oleh voltmeter merupakan beda potensial antara dua buah kutub.



## 6. Rangkaian Listrik

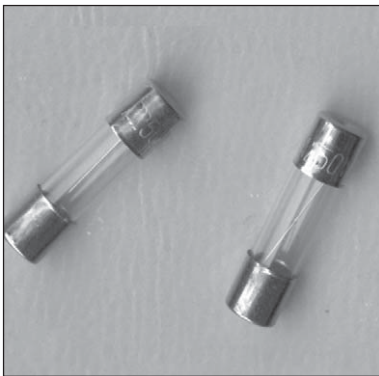
Sebuah rangkaian listrik terdiri dari beberapa komponen. Dapatkah kamu menyebutkan beberapa contoh komponen listrik yang ada di rumahmu? Komponen listrik adalah alat-alat yang digunakan untuk membuat sebuah peranti dan dapat berfungsi jika dialiri arus listrik.



Gambar 5.17 Saklar

Saklar merupakan sebuah komponen listrik. Saklar digunakan untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik pada sebuah rangkaian listrik. Jika kamu menekan saklar pada posisi ON, berarti kamu telah membuat rangkaian menjadi tertutup dan arus listrik dapat mengalir dalam rangkaian sehingga lampu menyala. Saklar diperlukan untuk mematikan dan menghidupkan sebuah alat listrik. Hampir semua peralatan yang menggunakan listrik mempunyai saklar. Misalnya, televisi, radio, kipas angin, mobil-mobilan, dan sebagainya.

Saklar diberi simbol



Gambar 5.18 Salah satu jenis sekring.

Sekring merupakan contoh komponen listrik lainnya. Apakah kegunaan sekring? Jika kamu menghubungkan kutub positif dan kutub negatif pada baterai dengan kabel secara langsung, kamu telah membuat sebuah hubungan singkat. Hubungan singkat terjadi jika kutub-kutub yang berbeda dari sebuah sumber arus dihubungkan tanpa melalui hambatan. Jika tegangannya sangat besar, maka hubungan singkat akan sangat berbahaya. Arus listrik yang mengalir dalam kabel akan sangat besar sehingga menimbulkan pemanasan pada kabel tersebut dan dapat mengakibatkan kebakaran. Mengapa arus yang mengalir dalam hubungan singkat dapat sangat besar? Hal ini karena dalam hubungan singkat hambatannya sangat kecil. Kebakaran sering terjadi akibat hubungan singkat tersebut. Jadi, kamu harus hati-hati dalam menggunakan listrik. Untuk menghindari bahaya tersebut, maka dipasang sekring. Fungsi sekring adalah untuk membatasi arus listrik yang mengalir. Sekring akan putus bila arusnya melebihi batas.

Sekring diberi simbol

### a. Rangkaian Seri

Pada **Kegiatan 5.4** dan **Kegiatan 5.5** kamu telah mempelajari bagaimana membuat rangkaian sederhana. Di dalam sebuah rangkaian terdapat komponen-komponen listrik, seperti lampu, kabel, amperemeter, voltmeter, dan sebagainya. Telah disinggung pula bahwa untuk mengukur kuat arus listrik di dalam sebuah rangkaian tertutup, amperemeter harus disusun secara seri dengan sumber arus listrik misalnya baterai. Apakah rangkaian seri itu?

Rangkaian seri adalah rangkaian listrik di mana semua hambatan listrik (atau peralatan listrik) disusun berderet, ujung hambatan satu bersambungan dengan ujung hambatan yang lainnya. Dalam rangkaian seri, besarnya hambatan total rangkaian merupakan jumlah dari ke-

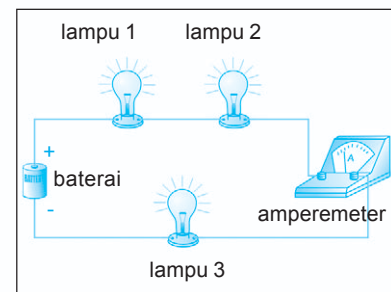


seluruhan hambatan peralatan listrik yang disambungkan dalam rangkaian. **Gambar 5.19** merupakan sebuah contoh rangkaian seri. Pada rangkaian tersebut terdapat komponen-komponen listrik, yaitu baterai, tiga buah lampu, dan amperemeter. Sebuah rangkaian seri ditandai dengan tidak adanya percabangan di rangkaian tersebut.

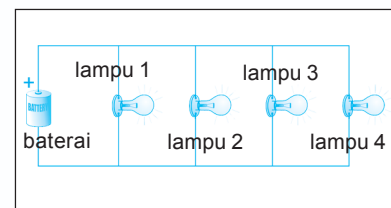
#### b. Rangkaian Paralel

Selain rangkaian seri, sebuah rangkaian listrik dapat berupa rangkaian paralel. Pada rangkaian paralel, komponen-komponen listrik disusun secara paralel/sejajar dengan sumber arus listrik. Contoh sebuah rangkaian paralel ditunjukkan pada **Gambar 5.20**. Dalam rangkaian paralel, besarnya hambatan total dalam rangkaian lebih kecil dari hambatan setiap peralatan listrik yang disambungkan. Besarnya hambatan pengganti dari rangkaian seri dan paralel serta besarnya kuat arus dan tegangan yang mengalir dalam rangkaian akan dipelajari di subbab berikutnya tentang hambatan listrik.

Alat-alat listrik di rumahmu disusun secara paralel. Dengan cara ini, kamu dapat menonton televisi dan menyalakan lampu secara bersamaan. Jika televisi dimatikan, lampu akan tetap menyala.



**Gambar 5.19** Tiga buah lampu yang disusun seri.



**Gambar 5.19** Empat buah lampu yang disusun paralel.

### Tugas 5.3

Apa keuntungan dan kerugian pemilihan jenis rangkaian? Diskusikan dengan temanmu!

### Latihan 5.3

1. Jelaskan yang dimaksud dengan arus listrik!
2. Apa yang menyebabkan timbulnya arus listrik?
3. Mengapa sebuah baterai jika dipergunakan terus menerus, maka semakin lama baterai itu semakin melemah (arus listriknya berkurang)?
4. Sebutkan macam-macam komponen listrik beserta fungsinya!
5. Terdapat tiga buah lampu dan sebuah baterai. Gambarkan rangkaian seri dan rangkaian paralel dari komponen-komponen listrik tersebut!



## Rangkaian Listrik Tertutup

Kamu telah mempelajari rangkaian listrik yang disusun secara seri dan paralel. Contoh rangkaian listrik seri dapat kamu lihat pada lampu senter. Baterai-baterai di dalam lampu senter disusun secara seri. Bagaimana jika baterai dalam lampu senter itu disusun secara paralel?

Ternyata, ada hubungan antara potensial, kuat arus listrik, dan hambatan listrik. Perlu diketahui bahwa setiap komponen listrik mempunyai hambatan (*resistansi*). Masih ingatkah kamu mengapa terjadi hubungan singkat? Hubungan singkat terjadi karena dua kutub listrik yaitu kutub positif dan kutub negatif dihubungkan secara langsung tanpa adanya komponen listrik di antara keduanya. Dalam hal ini, komponen listrik bertindak sebagai hambatan karena pada dasarnya setiap alat listrik mempunyai hambatan.

### 1. Hubungan Kuat Arus Listrik, Beda Potensial, dan Hambatan

Telah disebutkan bahwa ada hubungan antara kuat arus listrik ( $I$ ), beda potensial ( $V$ ), dan hambatan ( $R$ ). Untuk melihat bagaimana ketiga besaran tersebut saling memengaruhi, lakukan kegiatan berikut!

#### Kegiatan 5.7

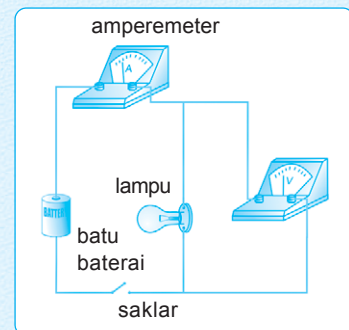
##### Hubungan Antara Kuat Arus, Beda Potensial, dan Hambatan

###### Alat dan Bahan

Sebuah lampu, 3 buah batu baterai, amperemeter, voltmeter, dan kabel.

###### Prosedur Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Tutuplah rangkaian tersebut dengan cara menutup saklar
3. Amati besar kuat arus dan tegangan pada alat ukur.
4. Tambahkan baterainya sehingga diperoleh nilai kuat arus dan tegangan yang berbeda.
5. Tulislah hasil pengamatanmu pada tabel berikut.



Tegangan ( $V$ )	Kuat Arus ( $I$ )	$\frac{V}{I}$

6. Buatlah grafik hubungan antara tegangan ( $V$ ) dan kuat arus ( $I$ ).
7. Apakah kesimpulan dari hasil percobaan di atas?

Dari **Kegiatan 5.7** hubungan antara tegangan ( $V$ ) dan kuat arus listrik ( $I$ ) dapat dibuat grafik, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.21**.

Berdasarkan grafik tersebut dapat dicari harga gradiennya (ingat pelajaran matematika), yang secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$y = m \cdot x$$

Dengan  $m$  adalah suatu tetapan atau gradien. Harga gradien ini dapat dicari melalui perbandingan berikut.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Secara analog, grafik  $V$  terhadap  $I$  dapat juga ditentukan gradiennya sebagai berikut.

$$m = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

Nilai  $m$  yang tetap tersebut kemudian disebut besaran hambatan listrik, yang diberi simbol  $R$ .

George Simone Ohm (1789–1854) meneliti hubungan antara potensial listrik ( $V$ ), kuat arus ( $I$ ), dan hambatan listrik ( $R$ ). Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{..... (5.5)}$$

### Keterangan:

$R$  = hambatan listrik (ohm)

$V$  = beda potensial (volt)

$I$  = kuat arus (ampere)

Rumus di atas dikenal sebagai **Hukum Ohm**, yaitu hambatan di dalam suatu rangkaian sama dengan tegangan dibagi arus.

### Contoh

1. Sebuah lampu disusun seri dengan sebuah amperemeter dan sumber tegangan sebesar 20 V. Jika jarum amperemeter menunjukkan angka 0,5 A, hitung besar hambatan lampu!

**Jawab:**

$$V = 20 \text{ V}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

$$R = \dots ?$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 40 \text{ ohm}$$

Jadi, hambatan lampu tersebut adalah 40 ohm.

2. Diketahui sebuah sumber listrik sebesar 25 V. Jika sumber listrik itu dihubungkan dengan sebuah lampu yang hambatannya 5 ohm, hitunglah arus yang mengalir dalam lampu tersebut!

**Jawab:**

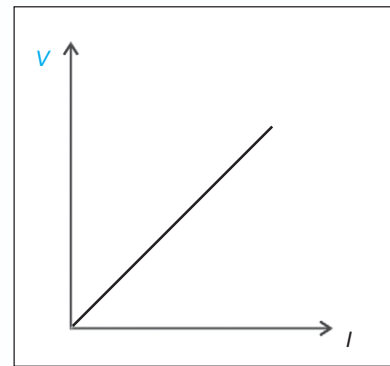
$$V = 25 \text{ V}$$

$$R = 5 \text{ ohm}$$

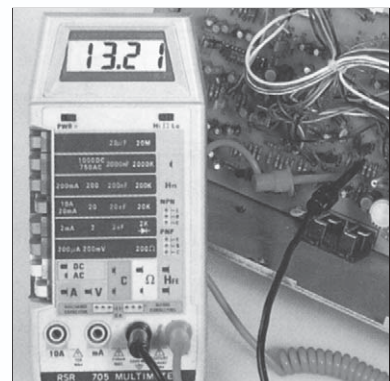
$$I = \dots ?$$

$$R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{25 \text{ V}}{5 \text{ ohm}} = 5 \text{ A}$$

Jadi, arus yang mengalir dalam lampu tersebut adalah 5 A.



**Gambar 5.21** Grafik hubungan antara tegangan ( $V$ ) dan arus listrik ( $I$ ).



**Gambar 5.22** Ohmmeter digunakan untuk mengukur hambatan sebuah komponen listrik.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

### Info Sains

#### Unit Penurun Tegangan

Mengapa komponen-komponen listrik di dalam televisi tidak terbakar atau rusak ketika dihubungkan dengan sumber listrik yang tegangannya mencapai 220 V? Di dalam televisi terdapat sebuah komponen listrik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sumber listrik yang bertegangan tinggi, misalnya sumber listrik dari PLN yang bertegangan 220 V. Dengan demikian tegangan listrik yang masuk ke dalam televisi dapat disesuaikan dengan kebutuhan.



## 2. Hukum Ohm dalam Keseharian



**Gambar 5.23** a. Lampu menyala redup.  
b. Lampu menyala terang.

Dalam kehidupan sehari-hari, pengetahuan tentang Hukum Ohm sangat bermanfaat dalam pemilihan komponen-komponen listrik yang baik serta sesuai dengan besarnya tegangan yang tersedia. Misalnya, jika kamu menggunakan lampu baterai. Lampu baterai mempunyai tahanan yang dibuat sesuai dengan nilai tegangan yang besarnya tertentu. Jika lampu baterai tersebut dihubungkan dengan baterai yang tegangannya terlalu besar, maka lampu tersebut akan rusak. Sebaliknya jika lampu tersebut dihubungkan dengan baterai yang tegangannya terlalu kecil, lampu tersebut tidak akan menyala secara maksimal atau lampu tersebut akan terlihat redup.

Biasanya alat-alat listrik dibuat sedemikian rupa sehingga besarnya tegangan yang diperlukan untuk mengoperasikan alat tersebut dapat menggunakan sumber tegangan dari sumber listrik dari PLN. Untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan yang diperlukan guna mengoperasikan alat tersebut, biasanya alat-alat listrik dibuat dengan menambahkan hambatan. Baik dari segi bahan pembuatannya, atau ditambahkan resistor lain untuk menambah tahanan alat tersebut.

### Latihan 5.4

1. Bagaimana hubungan antara tegangan, tahanan, dan kuat arus menurut Hukum Coulomb?
2. a. Gambarkan hubungan antara tegangan, tahanan, dan kuat arus dalam bentuk grafik!  
b. Gambarkan pula grafik hubungan antara hambatan dan kuat arus!
3. Apa fungsi hambatan dalam sebuah rangkaian listrik?
4. Sebuah kawat diberi arus 4 ampere. Jika kawat tersebut mempunyai hambatan 12 ohm, hitunglah beda potensial antara dua kawat tersebut!
5. Menurut pengetahuanmu, sebutkan aplikasi Hukum Ohm dalam keseharian!

## 3. Hambatan Jenis

Masih ingatkah kamu pemisalan arus listrik dengan aliran air yang keluar dari slang? Sekedar mengingatkan, arus listrik mirip dengan aliran arus air di dalam slang. Banyaknya air yang mengalir dari slang bergantung pada besarnya pipa. Semakin besar ukuran pipa, semakin besar pula air yang mengalir setiap waktu.

Hal serupa terjadi pada arus listrik. Kamu telah mengetahui bahwa arus listrik bergantung pada hambatan penghantarnya yaitu kabel dan komponen-komponen listrik yang terdapat dalam rangkaian tersebut. Hambatan listrik bergantung pada jenis bahan hambatan, panjang hambatan dan luas penampang yang dilalui arus listrik. Untuk mengetahui hubungan di antaranya, lakukan percobaan berikut!



## Kegiatan 5.8

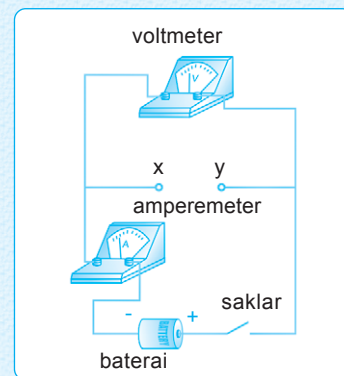
### Menyelidiki Hambatan Kawat Penghantar

#### Alat dan Bahan

Voltmeter, amperemeter, kawat nikrom (0,5 m dan 1 m), kawat konstantan (0,5 m), batu baterai dua buah, saklar, dan kabel secukupnya.

#### Prosedur Kerja

1. Rangkai alat-alat seperti gambar di samping.
2. Pasang kawat nikrom dengan panjang 0,5 m antara titik x dan y. Tutup saklar, catat besar kuat arus dan tegangan yang terbaca pada alat ukur.
3. Buka saklar.
4. Gantilah kawat nikrom dengan panjang 1 m, kemudian pasang kembali pada titik x dan y. Catat besar kuat arus dan tegangan yang terbaca pada alat ukur.
5. Buka kembali saklar.
6. Ulangi langkah 4 untuk panjang kawat nikrom 0,5 m tetapi luas penampang menjadi 2 kali semula.
7. Ulangi langkah 4 untuk kawat konstantan yang panjangnya 0,5 m (luas penampangnya sama dengan luas penampang kawat nikrom).
8. Tulislah hasil pengamatan ke dalam tabel berikut.



No.	Jenis Kawat	Panjang Kawat (l)	Luas Penampang kawat (A)	Tegangan (V)	Arus (I)	$\frac{V}{I}$

9. Apakah kesimpulanmu dari kegiatan ini?

Dari hasil kegiatan, diperoleh bahwa nilai hambatan suatu penghantar bergantung pada hal-hal berikut ini.

1. Panjang kawat, semakin panjang kawat maka hambatan semakin besar.
2. Luas penampang kawat, semakin besar luas penampang maka hambatannya semakin kecil.
3. Jenis bahan.

Jika dituliskan dalam bentuk matematika, hambatan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

#### Keterangan:

- $R$  = hambatan ( $\Omega$ )  
 $\rho$  = hambatan jenis ( $\Omega\text{m}$ )  
 $l$  = panjang bahan (m)  
 $A$  = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

## Tokoh Sains

Georg Simon Ohm



Georg Simon Ohm (16 Maret 1789 - 6 Juli 1854) adalah seorang ahli fisika Jerman. Ketika menjadi guru sekolah menengah, Ohm memulai penelitiannya tentang sel elektrokimia yang baru ditemukan oleh Alessandro Volta, seorang ahli dari Italia. Dengan menggunakan peralatan yang dibuatnya sendiri, Ohm menunjukkan adanya hubungan langsung antara perbedaan potensial yang melewati suatu konduktor dengan arus yang mengalir di dalamnya. Hubungan ini kemudian dikenal sebagai Hukum Ohm. Penemuannya tersebut mengawali bidang analisis rangkaian listrik.

Sumber: en.wikipedia.org

Contoh beberapa jenis penghambat dalam rangkaian listrik:

- rheostat
- resistor pita warna
- potensiometer

Hambatan jenis merupakan sifat khas dari suatu bahan. Bahan yang terbuat dari besi akan berbeda hambatan jenisnya dengan bahan yang terbuat dari tembaga. Sebuah penghantar misalnya kabel harus memiliki hambatan jenis yang kecil sehingga arus dari sumber tegangan tidak banyak yang hilang ketika sampai pada alat listrik.

Ukuran panjang dan luas penampang bahan juga memengaruhi hambatan sebuah bahan. Semakin panjang sebuah penghantar dan semakin kecil luas penampangnya, semakin besar hambatannya. Demikian sebaliknya.

### Contoh

- Sebuah kawat panjangnya 50 cm dan luas penampangnya  $0,5 \text{ cm}^2$ . Hitunglah hambatan jenis kawat tersebut jika hambatannya  $5.000 \Omega$ !

**Jawab:**

$$l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$A = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R = 5.000 \Omega$$

$$\rho = \dots ?$$

$$\begin{aligned} R &= \rho \cdot \frac{l}{A} \Leftrightarrow \rho = \frac{R \times A}{l} \\ &= \frac{5.000 \Omega \times (0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2)}{0,5 \text{ m}} \\ &= 0,5 \Omega \text{m} \end{aligned}$$

Jadi, bahan tersebut mempunyai hambatan jenis sebesar  $0,5 \Omega \text{m}$ .

- Sebuah kawat panjangnya 3 m dan luas penampangnya  $0,5 \text{ cm}^2$ . Hitunglah hambatan kawat tersebut jika hambatan jenisnya  $2 \times 10^{-3} \Omega \text{m}$ !

**Jawab:**

$$l = 3 \text{ m}$$

$$A = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho = 2 \times 10^{-3} \Omega \text{m}$$

$$R = \dots ?$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = 2 \times 10^{-3} \Omega \text{m} \cdot \frac{3 \text{ m}}{0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 120 \Omega$$

Jadi, bahan tersebut mempunyai hambatan sebesar 120 ohm.

Dari Hukum Ohm ini kita dapat mengetahui bahwa bentuk dan sifat-sifat bahan sebuah penghantar listrik memengaruhi nilai hambatannya. Semakin kecil nilai hambatan suatu bahan semakin baik bahan tersebut dijadikan penghantar listrik.

Panjang penghantar yang memengaruhi besarnya hambatan menjadi kendala bagi PLN untuk mendistribusikan listrik. Kamu bayangkan berapa ratus kilometer panjang kabel PLN yang digunakan untuk mendistribusikan arus listrik ini. Akan tetapi, hal ini dapat ditanggulangi dengan adanya alat transformator. Transformator berfungsi untuk meningkatkan atau menurunkan tegangan.

#### 4. Konduktor, Isolator, dan Semikonduktor

Ketika kamu mempelajari rangkaian listrik, kamu menggunakan kabel sebagai penghantar arus listriknya. Bagaimana jika kabel tersebut diganti dengan tali plastik, apakah lampu menyala?

Hukum Ohm menyatakan bahwa jenis bahan memengaruhi nilai hambatan listriknya. Sifat alami yang dimiliki suatu bahan adalah hambatan jenisnya. Hambatan jenis besi akan berbeda dengan hambatan jenis tembaga. Jika kamu mengganti kabel penghantar pada suatu rangkaian listrik dengan tali plastik, arus listrik ini pasti tidak akan mengalir. Mengapa demikian? Plastik merupakan bahan yang hambatan jenisnya sangat besar sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir melaluinya.

Berdasarkan sifat menghantarkan listriknya, bahan dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu konduktor, isolator, dan semikonduktor. *Konduktor* adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Bahan-bahan yang termasuk jenis konduktor ini di antaranya besi, baja, tembaga, dan nikel. *Isolator* adalah bahan-bahan yang sama sekali tidak dapat menghantarkan arus listrik. Contoh bahan-bahan yang termasuk isolator, di antaranya plastik, kayu kering, dan kertas.

Bagaimana dengan *semikonduktor*? Jika konduktor merupakan bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dan isolator merupakan bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, semikonduktor merupakan bahan yang bersifat di antara isolator dan konduktor. Artinya, semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik dan dapat pula tidak menghantarkan arus listrik. Sifat semikonduktor ini bergantung suhu. Jika suhu bahan semakin tinggi, bahan ini akan bersifat konduktor. Sebaliknya, jika suhunya semakin rendah bahan ini akan menjadi isolator.

Sifat-sifat semikonduktor dimanfaatkan dalam pembuatan komponen-komponen listrik seperti transistor dan IC (*Integrated Circuit*). Bahan-bahan semikonduktor contohnya germanium, silikon, dan selenium.

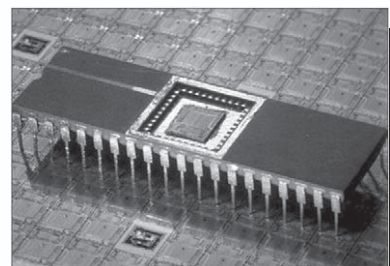
Jika kamu perhatikan, alat-alat listrik yang ada di rumahmu pasti ada yang menggunakan bahan-bahan konduktor dan bahan isolator. Sebuah obeng dibuat dari bahan besi dengan pegangannya dibuat dari kayu atau plastik. Mengapa dirancang demikian? Rancangan seperti ini bermanfaat ketika digunakan untuk memperbaiki bagian dalam alat-alat elektronik, agar pengguna tidak terkena aliran listrik.



**Gambar 5.24** Sebuah unit pengubah tegangan (transformator) yang digunakan PLN.



**Gambar 5.25** Tembaga bersifat konduktor dan plastik/karet bersifat isolator disusun untuk membuat kabel koaksial.



**Gambar 5.26** Semikonduktor digunakan untuk membuat IC.

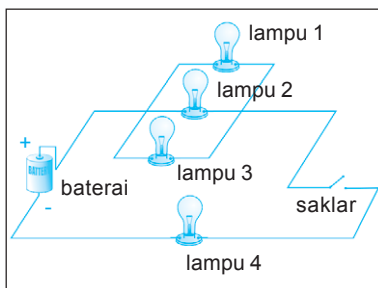


### Tugas 5.4

Carilah 5 jenis bahan-bahan yang termasuk konduktor, isolator, dan semikonduktor! Tuliskan pula kegunaan bahan-bahan tersebut!

### Latihan 5.5

1. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi besarnya tahanan sebuah bahan!
2. Apakah yang dimaksud konduktor, isolator, dan semikonduktor?
3. Mengapa sebuah baterai jika digunakan terus menerus semakin lama semakin melemah (arus listriknya berkurang)?
4. Terdapat 3 buah lampu dan sebuah baterai. Gambarkan rangkaian seri dan rangkaian paralel dari komponen-komponen listrik tersebut!



**Gambar 5.27** Lampu 1, 2, dan 3 disusun paralel, kemudian dirangkai seri dengan lampu 4.

### 5. Hukum I Kirchhoff

Pada kegiatan sebelumnya, kamu telah membuat rangkaian sederhana, tetapi dalam sebuah rangkaian seringkali terdapat rangkaian yang rumit sehingga diperlukan teknik tertentu dalam menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan rangkaian tersebut.

**Gambar 5.27** memperlihatkan gambar sebuah rangkaian yang terdiri atas rangkaian seri dan rangkaian paralel. Bagaimana dengan arus dan tegangan yang melalui setiap lampu? Untuk memahaminya, lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 5.9

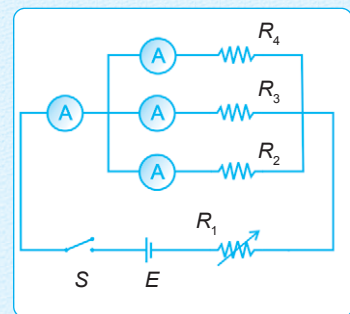
#### Arus Listrik pada Rangkaian Bercabang

##### Alat dan Bahan

Tiga buah resistor 10 ohm, sebuah hambatan geser, sebuah saklar, empat buah amperemeter, dan sumber tegangan satu buah baterai.

##### Prosedur Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Tutuplah saklar, kemudian geser-geser hambatan geser. Catatlah angka yang ditunjukkan jarum pada amperemeter.
3. Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah kamu lakukan.



Pada **Kegiatan 5.8** terlihat bahwa besarnya arus yang melalui  $R_2$ ,  $R_3$ , dan  $R_4$  merupakan satu pertiganya dari arus listrik yang melalui  $R_1$  karena  $R_2$ ,  $R_3$ , dan  $R_4$  nilainya sama. Kuat arus setelah melalui percabangan akan terbagi tiga sama besar. Apakah hasil pengamatanmu demikian?



**Gustav Kirchhoff** pada pertengahan abad ke-19 telah melakukan penelitian tentang perilaku arus listrik yang melalui sebuah percabangan. Hasil penelitian Kirchhoff ini dikenal sebagai Hukum Kirchhoff.

Hukum I Kirchhoff menyatakan bahwa arus listrik yang masuk melalui percabangan sama dengan arus yang keluar dari percabangan. Hukum II Kirchhoff menyatakan tentang beda potensial yang mengitari suatu rangkaian tertutup. Yang akan kamu pelajari berikut hanya Hukum I Kirchhoff.

Jika **Gambar 5.27** disederhanakan, dan digambarkan percabangannya saja, maka diperoleh **Gambar 5.28**. Pada percabangan A, arus listrik  $I$  terbagi menjadi dua, yaitu yang melalui kawat ab yakni  $I_1, I_2, I_3$  dan yang melalui kawat cd, yaitu  $I_4$ . Setelah melalui percabangan, arus listrik ini berkumpul kembali dan keluar melalui titik B, sehingga arus yang memasuki percabangan akan sama dengan arus yang keluar dari percabangan.

$$\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}} \dots\dots\dots (5.7)$$

### Contoh

Hitunglah besar kuat arus yang melalui  $I_2$  jika diketahui  $I_1 = 20 \text{ A}$ ,  $I_3 = 5 \text{ A}$ ,  $I_4 = 5 \text{ A}$ , dan  $I_5 = 5 \text{ A}$ !

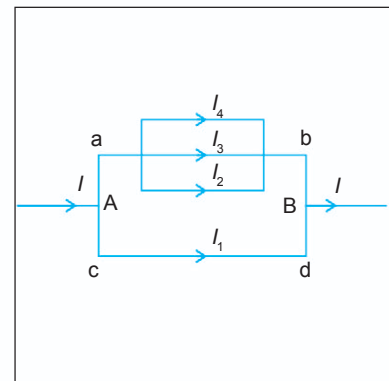
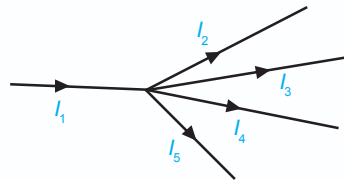
**Jawab:**

Perhatikan gambar di samping!

arus masuk = arus keluar

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 + I_3 + I_4 + I_5 \\ 20 \text{ A} &= I_2 + 5 \text{ A} + 5 \text{ A} + 5 \text{ A} \\ I_2 &= (20 - 5 - 5 - 5) \\ I_2 &= 5 \text{ A} \end{aligned}$$

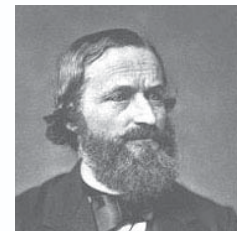
Jadi, besarnya  $I_2$  adalah 5 A.



**Gambar 5.28** Arus listrik pada sebuah percabangan.

## Tokoh Sains

### Kirchhoff



Gustav Robert Kirchhoff (12 Maret, 1824 – 17 Oktober 1887) adalah seorang fisikawan Jerman yang berkontribusi pada pemahaman konsep dasar teori rangkaian listrik, spektroskopi, dan emisi radiasi benda hitam yang dihasilkan oleh benda-benda yang dipanaskan.

Kirchhoff lulus dari Universitas Albertus Königsberg (sekarang Kaliningrad) pada 1847 dan menikahi Clara Richelot, putri dari profesor matematikanya, Friedrich Richelot.

Kirchhoff merumuskan hukum rangkaian, pada 1845, saat masih berstatus mahasiswa. Ia mengusulkan hukum radiasi termal pada 1859, dan membuktikannya pada 1861. Di Breslau, ia bekerjasama dalam studi spektroskopi dengan Robert Bunsen. Dia adalah penemu pendamping dari caesium dan rubidium pada 1861 saat mempelajari komposisi kimia Matahari via spektrumnya.

Pada 1862 dia dianugerahi Medali Rumford untuk risetnya mengenai garis-garis spektrum matahari, dan pembalikan garis-garis terang pada spektrum cahaya buatan.

Sumber: [id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org)

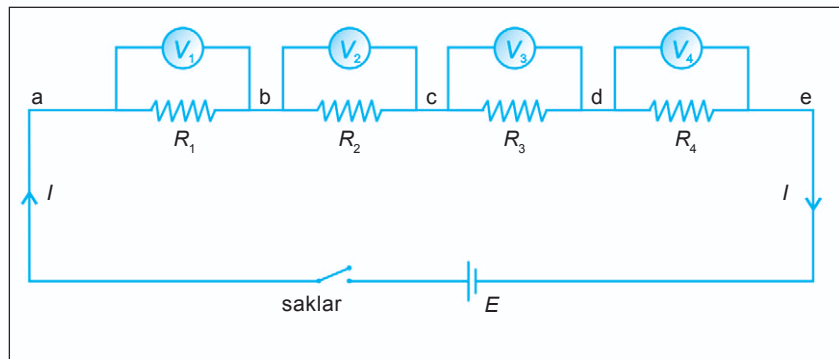
## 6. Rangkaian Hambatan Listrik (Resistor)

Pada **Kegiatan 3.6** kamu telah melakukan percobaan untuk membuktikan besarnya kuat arus yang mengalir melewati sebuah percabangan. Besarnya kuat arus mengikuti turunan Hukum Ohm, yaitu besarnya arus yang melewati suatu rangkaian merupakan hasil bagi antara tegangan  $V$  dan hambatan  $R$ .

Bagaimana jika suatu rangkaian terdiri atas rangkaian seri dan rangkaian paralel? Bagaimana cara menghitung hambatan totalnya?

### a. Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian seri resistor adalah rangkaian yang terdiri atas sumber tegangan dan minimal dua resistor (hambatan listrik) yang disusun secara berderet. Kuat arus listrik yang mengalir pada setiap resistor adalah sama besar dan besar tegangan tergantung besar hambatan. Rangkaian seri dapat juga disebut sebagai rangkaian pembagi tegangan.



**Gambar 5.29** Rangkaian seri resistor.

**Gambar 5.29** memperlihatkan empat buah resistor yang disusun secara seri. Telah disebutkan bahwa rangkaian seri resistor merupakan rangkaian pembagi tegangan. Dari rangkaian tersebut dapat diperoleh persamaan tegangan sebagai berikut.

$$E = V_{ae} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{de}$$

Menurut hukum Ohm tegangan merupakan hasil kali kuat arus  $I$  dan hambatan  $R$ . Dengan demikian persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E = V_{ae} = I_{ab} \cdot R_1 + I_{bc} \cdot R_2 + I_{cd} \cdot R_3 + I_{de} \cdot R_4$$

Karena di dalam rangkaian seri kuat arus yang melalui setiap resistor besarnya sama, persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E = V_{ae} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + I \cdot R_4$$

$$E = V_{ae} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

$$E = V_{ae} = I \cdot R_s$$

$R_s$  adalah hambatan pengganti dari rangkaian resistor yang dirangkai seri.

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Secara umum persamaan tahanan pengganti dari resistor yang disusun secara seri dituliskan sebagai berikut.

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots R_n \dots\dots\dots (5.8)$$

### Contoh

1. Jika diketahui dua buah resistor masing-masing 4 ohm. Dua resistor tersebut disusun secara seri, kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan 6 volt. Hitunglah besarnya arus yang mengalir pada setiap resistor tersebut!

**Jawab:**

$$R_1 = R_2 = 4 \text{ ohm}$$

$$R_s = R_1 + R_2 = 4 + 4 = 8 \text{ ohm}$$

$$I = \dots ?$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6 \text{ volt}}{8 \text{ ohm}} = 0,75 \text{ A}$$

Jadi, besarnya arus listrik yang mengalir pada setiap resistor adalah 0,75 A.

2. Diketahui 3 buah resistor identik disusun secara seri dan dihubungkan dengan sumber tegangan 27 V. Jika diketahui kuat arus yang melewati resistor adalah 3 A, hitunglah besarnya hambatan setiap resistor!

**Jawab:**

$$V = 27 \text{ V}$$

$$I = 3 \text{ A}$$

$$R = \dots ?$$

Dari hukum Ohm diperoleh:

$$I = \frac{V}{R} \Leftrightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{27 \text{ volt}}{3 \text{ A}} = 9 \Omega$$

Karena ketiga resistor tersebut identik yang berarti besar hambatannya sama, diperoleh besarnya hambatan setiap resistor yaitu  $\frac{9}{3} = 3 \text{ ohm}$ .

### b. Rangkaian Paralel Resistor

Kamu telah mempelajari bagaimana jika beberapa resistor disusun secara seri. Bagaimana jika resistor-resistor ini disusun paralel?

Rangkaian paralel resistor adalah rangkaian yang terdiri atas resistor yang disusun paralel/sejajar satu sama lainnya. Jika pada rangkaian seri, arus yang melalui resistor akan sama dan tegangannya berbeda bergantung pada nilai hambatannya. Adapun pada rangkaian paralel resistor, arus yang melalui setiap hambatan akan berbeda dan tegangan setiap resistor akan sama. **Gambar 5.30** merupakan gambar sebuah rangkaian paralel resistor.

Berdasarkan Hukum I Kirchhoff diperoleh:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{cd}}{R_2} + \frac{V_{ef}}{R_3} + \frac{V_{gh}}{R_4}$$

Telah disebutkan bahwa tegangan pada setiap resistor pada rangkaian paralel adalah sama.

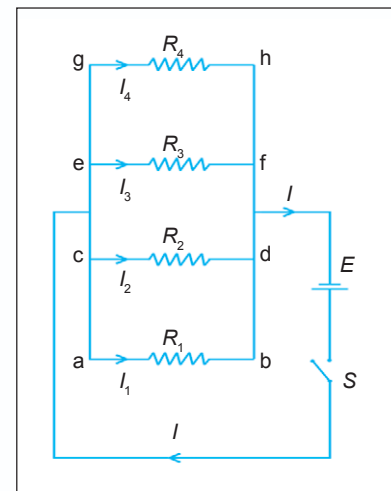
$$V_{ab} = V_{cd} = V_{ef} = V_{gh} = V$$

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V}{R_4} = V \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \\ &= V \cdot \frac{1}{R_p} \end{aligned}$$

Dengan demikian hambatan pengganti paralel dirumuskan:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \dots\dots\dots (5.9)$$



**Gambar 5.30** Sebuah rangkaian paralel resistor.



### Contoh

Lima buah resistor masing-masing memiliki tahanan 5 ohm disusun secara paralel. Rangkaian tersebut dihubungkan dengan tegangan 20 V. Hitunglah kuat arus yang melewati setiap tahanan!

**Jawab:**

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 5 \text{ ohm}$$

$$V = 20 \text{ V}$$

$$I = \dots ?$$

Menghitung tahanan pengganti rangkaian resistor paralel:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\ &= \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{5}{5} = 1 \end{aligned}$$

Sehingga  $R_p = 1 \text{ ohm}$

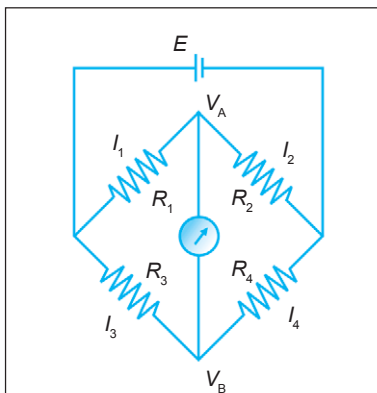
Menurut hukum Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{20 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}} = 20 \text{ A}$$

Karena setiap resistor nilai tahanannya sama, arus yang melewatinya pun akan sama, yaitu:

$$\begin{aligned} I_{\text{tiap resistor}} &= \frac{I}{\text{banyaknya resistor}} \\ &= \frac{20 \text{ A}}{5} = 4 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi, besar arus yang mengalir pada setiap resistor adalah 4 A.



Gambar 5.32 Jembatan Wheatstone.

### 7. Jembatan Wheatstone

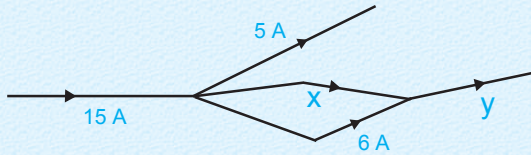
Jembatan Wheatstone merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur tahanan yang tidak diketahui nilainya. Perhatikan **Gambar 5.31**.

Misal tahanan  $R_1$  tidak diketahui. Tahanan  $R_2$ ,  $R_3$ , dan  $R_4$  diatur sampai tidak ada arus yang mengalir melalui galvanometer. Maka  $V_A = V_B$ ,  $I_1 = I_2$ , dan  $I_3 = I_4$  dan dapat diperlihatkan bahwa  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ . Dari persamaan tersebut, maka  $R_1$  dapat dihitung.

#### Latihan 5.6

1. Jelaskan bunyi Hukum I Kirchhoff!
2. Jika terdapat sebuah percabangan dan setiap cabang terdapat tahanan yang berbeda, bagaimana arus yang mengalir pada setiap percabangan tersebut?
3. Apa saja yang memengaruhi kuat arus yang mengalir pada sebuah penghantar?

4. Perhatikan gambar berikut!



Hitunglah nilai arus yang mengalir pada x dan y!

5. Arus listrik yang masuk suatu percabangan sama dengan arus listrik yang keluar dari percabangan tersebut. Apakah hal serupa terjadi dengan tegangan?

## Rangkuman

- Listrik statis adalah listrik yang muatan-muatannya tidak mengalir atau ada dalam keadaan diam.
- Dalam sistem satuan internasional (SI), satuan muatan adalah Coulomb (C). Muatan listrik elementer dari sebuah elektron, proton, dan neutron adalah sebagai berikut.  
Muatan elektron =  $-1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb  
Muatan proton =  $+1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb  
Muatan neutron = 0 (tidak bermuatan)
- Hukum Coulomb menyatakan bahwa besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua benda yang bermuatan listrik sebanding dengan hasil kali kedua muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.
- Medan listrik adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik yang ditunjukkan dengan garis gaya listrik. Garis-garis gaya berasal dari muatan positif menuju muatan negatif. Garis-garis gaya listrik pada muatan positif bergerak ke luar. Sedangkan pada muatan negatif garis-garis gayanya menuju pusat.
- Besarnya gaya Coulomb yang dialami oleh sebuah muatan uji  $q$  akibat adanya muatan  $Q$  dibagi dengan besarnya muatan uji  $q$ .

$$E = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

- Kuat arus listrik didefinisikan sebagai banyaknya muatan listrik yang mengalir setiap sekon, dilambangkan dengan  $I$  dan satuannya adalah ampere (A). Untuk mengukur kuat arus listrik digunakan sebuah alat yang dinamakan amperemeter.

$$I = \frac{Q}{t}$$

- Komponen listrik adalah alat-alat yang digunakan untuk membuat sebuah peranti dan dapat berfungsi jika dialiri arus listrik. Rangkaian dari beberapa komponen listrik disebut rangkaian listrik. Rangkaian listrik terdiri dari rangkaian seri dan rangkaian paralel.
- George Simone Ohm (1789–1854) meneliti hubungan antara potensial listrik ( $V$ ), kuat arus ( $I$ ), dan hambatan listrik ( $R$ ). Secara matematis, Hukum Ohm dituliskan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I}$$

- Konduktor adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik, isolator adalah bahan-bahan yang sama sekali tidak dapat menghantarkan arus listrik, dan semikonduktor merupakan bahan yang bersifat di antara isolator dan konduktor.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Listrik** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab VI, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.





1. Apakah kamu dapat menjelaskan muatan listrik, akibat yang ditimbulkan, dan cara mendeteksinya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan perbedaan listrik statis dan listrik dinamis serta menunjukkan contoh pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari?
3. Dapatkah kamu menunjukkan bukti adanya induksi listrik dan medan listrik?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian arus dan tegangan listrik serta memperagakan cara mengukurnya dalam suatu rangkaian listrik?
5. Dapatkah kamu menjelaskan rangkaian listrik maupun hambatan yang disusun secara seri dan paralel? Apa keuntungan dan kerugiannya?
6. Dapatkah kamu menjelaskan pengertian konduktor, semikonduktor, dan isolator listrik serta contoh dan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari?

## Latih Kemampuan

5

*Kerjakan di buku tugasmu!*

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Suatu atom diketahui jumlah protonnya sama dengan jumlah elektronnya. Pernyataan yang benar mengenai atom ini adalah ....
  - a. atom tersebut akan bermuatan positif
  - b. atom tersebut akan bermuatan negatif
  - c. atom tersebut tidak bermuatan (netral)
  - d. atom tersebut dapat bermuatan positif dan dapat juga bermuatan negatif
2. Sebuah atom akan bermuatan positif jika atom tersebut ....
  - a. kelebihan elektron
  - b. kekurangan elektron
  - c. jumlah elektronnya lebih banyak
  - d. tidak mempunyai neutron
3. Diagram berikut yang menunjukkan gaya-gaya di antara dua partikel bermuatan adalah ....
  - a. 
  - b. 
  - c. 
  - d. 
4. Dua buah muatan listrik masing-masing bermuatan  $+2 \times 10^{-9}$  C dipisahkan oleh jarak 1 cm. Gaya Coulomb yang timbulkan oleh kedua muatan itu adalah ....
  - a.  $3,6 \times 10^{-4}$  N
  - b.  $1,8 \times 10^{-4}$  N
  - c.  $0,9 \times 10^{-4}$  N
  - d.  $9,0 \times 10^{-4}$  N
5. Dua buah muatan masing-masing  $-2 \times 10^{-4}$  C dan  $2,2 \times 10^{-4}$  C terpisah pada jarak 2 cm, maka gaya Coulomb antara kedua muatan itu adalah ....
  - a.  $1,98 \times 10^6$  N tarik menarik
  - b.  $1,98 \times 10^6$  N tolak menolak
  - c.  $9,90 \times 10^5$  N tarik menarik
  - d.  $9,90 \times 10^5$  N tolak menolak
6. Dua buah muatan masing-masing muatannya  $Q$  dan  $q$  diletakkan sehingga di antara dua gaya tersebut terjadi gaya coulomb. Jika muatan  $q$  diperbesar dua kalinya, per-

bandingan gaya Coulomb sebelum dan sesudah pembesaran muatan tersebut adalah ....

- a. 1 : 5
- b. 1 : 4
- c. 1 : 3
- d. 1 : 2

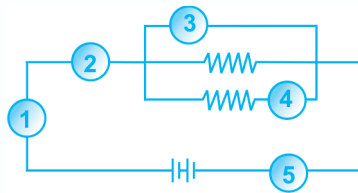
7. Daerah di sekitar sebuah muatan yang masih dipengaruhi oleh gaya Coulomb dari muatan tersebut disebut ....

- a. medan listrik
- b. potensial listrik
- c. arus listrik
- d. hambatan listrik

8. Jika diketahui besarnya muatan yang dipindahkan dari A ke B adalah 30 C dan beda potensial listriknya 4 J/C, besarnya usaha yang dilakukan adalah ....

- a. 30 J
- b. 60 J
- c. 120 J
- d. 240 J

9. Perhatikan skema rangkaian listrik di bawah ini!



Pemasangan amperemeter dan voltmeter yang tepat adalah nomor ....

- a. 1 dan 2
- b. 2 dan 4
- c. 1 dan 3
- d. 4 dan 5

10. Dalam sebuah penghantar listrik, mengalir 120 muatan setiap menitnya. Besarnya arus listrik dalam penghantar tersebut adalah ....

- a. 2 A
- b. 4 A
- c. 6 A
- d. 8 A

11. Besarnya tahanan suatu bahan tidak ditentukan oleh ....

- a. jenis bahannya
- b. panjangnya
- c. luas penampangnya
- d. beratnya

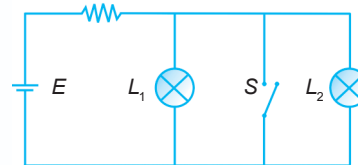
12. Sebuah kawat panjangnya 6 m dan luas penampangnya 1 cm<sup>2</sup>. Besar hambatan kawat tersebut jika hambatan jenisnya  $2 \times 10^{-3}$ , adalah ....

- a.  $1,2 \times 10^2 \Omega$
- b.  $2,4 \times 10^2 \Omega$
- c.  $1,2 \times 10^{-2} \Omega$
- d.  $2,4 \times 10^{-2} \Omega$

13. Tiga buah resistor masing-masing hambatannya adalah 3 ohm, 6 ohm, dan 9 ohm. Jika ketiga resistor tersebut disusun paralel, hambatan penggantinya adalah ....

- a. 20  $\Omega$
- b. 18  $\Omega$
- c. 2  $\Omega$
- d. 1,5  $\Omega$

14. Perhatikan gambar berikut.



Lampu  $L_1$  dan  $L_2$  dipasang paralel dan dihubungkan dengan baterai  $E$ . Jika  $S$  dihubungkan maka lampu ....

- a.  $L_1$  dan  $L_2$  tidak menyala
- b.  $L_1$  tetap menyala dan  $L_2$  putus
- c.  $L_1$  putus dan  $L_2$  tetap menyala
- d.  $L_1$  dan  $L_2$  menyala semakin terang

15. Pada rangkaian paralel resistor, pernyataan yang benar adalah ....

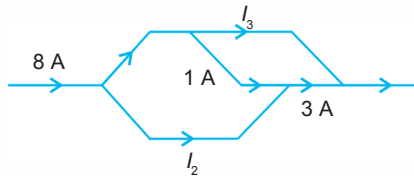
- a. arus yang melewati setiap resistor adalah berbeda
- b. arus yang melewati setiap resistor adalah sama
- c. tegangan pada setiap resistor adalah berbeda
- d. hambatan penggantinya merupakan jumlah setiap tahanan

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gaya Coulomb! Besaran-besaran apa saja yang mempengaruhinya?  
b. Jelaskan apa yang dimaksud medan listrik dan beda potensial listrik!
2. Dua buah muatan identik terpisah oleh jarak 1 cm. Jika gaya tolak-menolak di antara kedua muatan tersebut adalah  $9 \times 10^{-3}$  N, hitunglah besar masing-masing muatan tersebut!



3. Jika jarak antara dua buah muatan diperpanjang menjadi dua kali semula, berapakah perbandingan gaya coulomb dibandingkan dengan gaya sebelum jarak kedua muatan tersebut diperpanjang?
4. Arus yang melewati sebuah percabangan digambarkan sebagai berikut.



Hitunglah kuat arus  $I_1$  dan  $I_2$ !

5. Seutas kawat panjangnya 50 m, berdiameter 2 mm, dan hambatan jenisnya  $6,28 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ . Hitunglah hambatan kawat tersebut!

## Wacana Sains

### Penangkal Petir

Jika kamu memerhatikan atap gedung-gedung atau rumah-rumah, kamu akan menemukan bahwa atap gedung atau rumah biasanya dilengkapi dengan anti petir. Anti petir ini berupa sebuah batang konduktor yang dipasang vertikal di atap gedung. Batang konduktor ini dihubungkan dengan lempeng logam yang dikubur di dalam tanah melalui konduktor tembaga tebal.

Kamu telah mempelajari bahwa ketika sebuah konduktor bermuatan dihubungkan oleh kabel logam dengan konduktor tak bermuatan, beberapa muatan mengalir di dalam kabel tersebut dari konduktor bermuatan ke konduktor yang tidak bermuatan. Muatan-muatan pada konduktor pertama mempunyai energi potensial. Energi potensial ini berkurang karena diberikan ke konduktor kedua yang tidak bermuatan. Konduktor pertama dikatakan sebagai konduktor yang mempunyai potensial atau tegangan lebih tinggi dibandingkan dengan konduktor kedua. Ketika kedua konduktor dihubungkan, muatan-muatan positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan muatan-muatan negatif mengalir dari potensial rendah ke potensial tinggi dan mengubah masing-masing potensialnya. Muatan akan terus mengalir sampai potensial kedua konduktor sama.

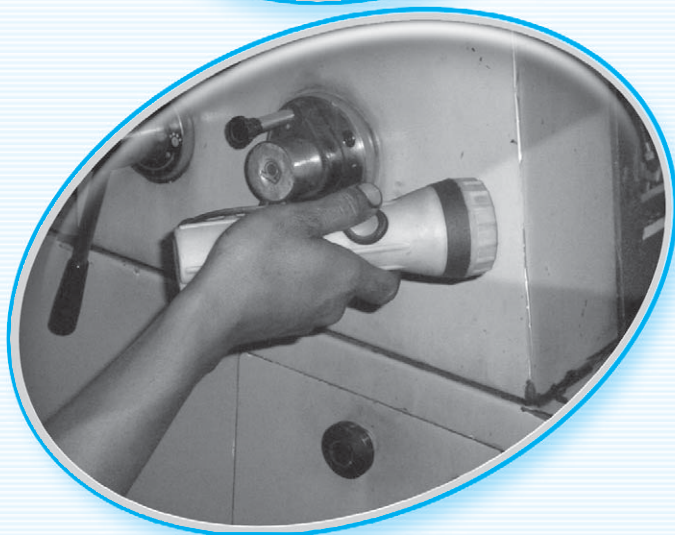
Awan-awan yang bermuatan negatif mempunyai potensial yang rendah. Sebagian muatan ini akan berpindah melalui udara yang mempunyai ion-ion positif. Oleh karena konduktor terdekat yang ditemui muatan ini adalah benda-benda yang tinggi (dekat dengan awan), muatan-muatan negatif ini akan berpindah ke batang anti petir yang dipasang di atap gedung atau rumah. Muatan-muatan negatif dari awan ini mengalir melalui kabel menuju ke plat logam yang terkubur dalam tanah. Hal ini terjadi karena plat logam yang terkubur tidak mempunyai potensial. Dari plat logam ini muatan-muatan tersebut akan mengalir ke tanah sehingga plat logam tersebut akan segera tidak bermuatan kembali dan segera siap menerima elektron dari awan.

Batang anti petir ini sangat besar manfaatnya. Potensial atau tegangan dari awan ini sangat besar. Bayangkan jika aliran muatan ini mengenai manusia secara langsung, akibatnya akan membahayakan. Di daerah yang luas dan rata, misalnya sawah, merupakan daerah yang rawan bagi manusia karena jika ada orang yang berada di tengah-tengah sawah tersebut sementara tidak ada konduktor lain yang lebih konduktif, tentu petir akan membahayakan orang tersebut.

*Sumber: Physics Today, 1995*

## Bab VI

# Sumber Arus Listrik dan Energi Listrik

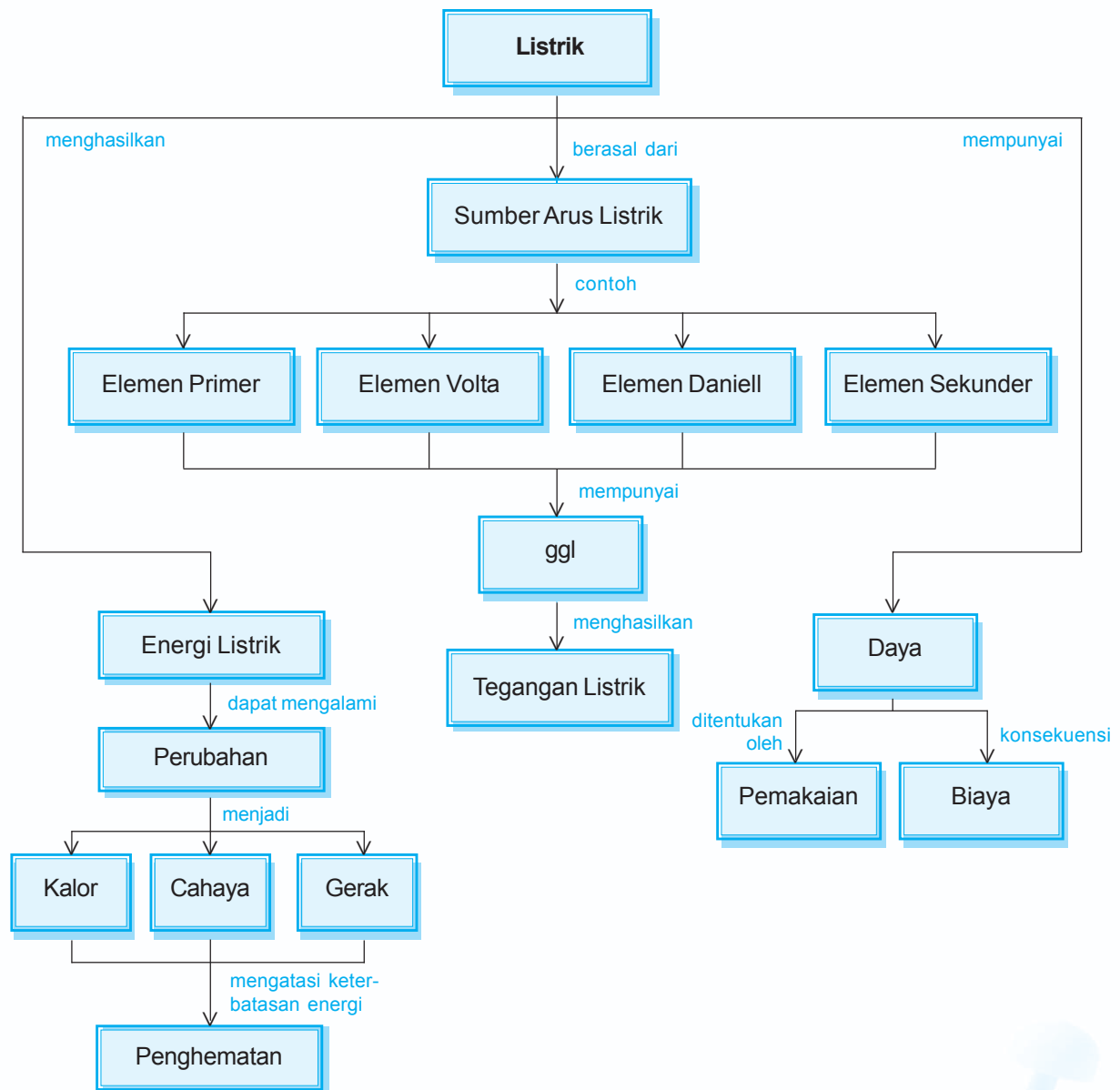


Senter dapat menyala jika dipasang baterai. Bagaimana jika baterainya melemah? Haruskah diganti dengan baterai yang baru? Apakah perbedaan antara baterai dengan akumulator (aki)?

Listrik dapat menyebabkan setrika menjadi panas sehingga dapat digunakan untuk menggosok dan menghaluskan baju. Bagaimana perubahan-perubahan energi listrik?

Konsep listrik dan penerapannya sangat perlu untuk kita pahami. Dalam pembelajaran ini, kamu dapat mendeskripsikan prinsip kerja elemen dalam menimbulkan arus listrik dan hubungan antara energi dengan daya listrik beserta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- daya
- elemen listrik
- energi listrik



## A Sumber Arus Listrik

Dapatkah kamu menyebutkan sumber-sumber arus listrik yang ada di rumahmu? Sumber arus listrik adalah benda-benda yang dapat menghasilkan arus listrik, contohnya baterai, akumulator, elemen Volta, elemen Daniell, dan elemen Weston. Mobil-mobilan dapat bergerak karena memperoleh energi listrik dari baterai, lampu senter dapat digunakan setelah dipasang baterai ke dalamnya.

### 1. Gaya Gerak Listrik

Semua sumber arus listrik memiliki kemampuan memberikan gaya pada elektron sehingga elektron dari sebuah atom materi dapat bergerak. Gaya dari sumber baterai yang demikian disebut sebagai **gaya gerak listrik (ggl)**.

Gaya gerak listrik sering juga disebut tegangan. Satuan gaya gerak listrik adalah volt (V). Ggl diberi lambang  $E$ . Misal pada kulit luar baterai tercantum label 1,5 V, ini menunjukkan besarnya ggl yang dibangkitkan oleh baterai tersebut. Jadi, ggl merupakan beda potensial antara kutub-kutub sebuah sumber listrik (baterai) saat sumber tidak mengalirkan listrik (saklar terbuka).

### 2. Elemen Primer

Di rumahmu pasti terdapat jam dinding, bukan? Jam dinding dapat berfungsi jika telah diberi baterai. Akan tetapi semakin lama, baterai tersebut akan melemah sehingga akhirnya tidak mampu menghidupkan jam dinding tersebut. Apa yang kamu lakukan? Tentunya kamu harus mengganti baterai jam tersebut dengan baterai baru.

Mengapa arus yang diberikan oleh baterai semakin lama semakin melemah? Hal ini dikarenakan baterai tersebut sudah tidak dapat memberikan gaya gerak listrik. Adakah sumber arus listrik lain yang tidak perlu diganti dan energinya kekal? Berdasarkan kemampuannya memberikan gaya gerak listrik, sumber arus listrik dibedakan menjadi elemen primer dan elemen sekunder. Baterai yang digunakan oleh jam dinding merupakan elemen primer.

Elemen primer merupakan sebuah sumber arus listrik. Elemen primer merupakan sumber arus listrik yang bersifat sekali pakai. Artinya jika sumber arus tersebut sudah habis energinya, kamu tidak dapat mengisi elemen primer. Kamu harus mengganti sumber arus listrik tersebut dengan sumber arus yang baru.

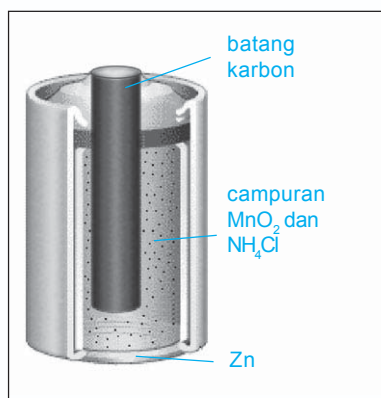
#### a. Baterai

Tahukah kamu mengapa baterai dapat memberikan arus listrik? Baterai merupakan elemen kering. Jika kamu amati,



Gambar 6.1 Beberapa jenis baterai.

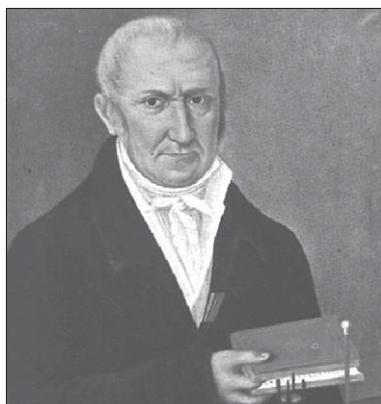




**Gambar 6.2** Diagram elemen kering.  
**Sumber:** Microsoft Student 2006



**Gambar 6.3** Contoh peralatan yang menggunakan baterai sebagai sumber arus.



**Gambar 6.4** Alessandro Volta, penemu elemen volta.  
**Sumber:** Microsoft Student 2006

baterai memiliki dua kutub yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif baterai berupa batang karbon yang ditenamkan ke dalam campuran mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) dan amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Kutub negatif baterai adalah lapisan paling luar yang terbuat dari seng ( $\text{Zn}$ ).

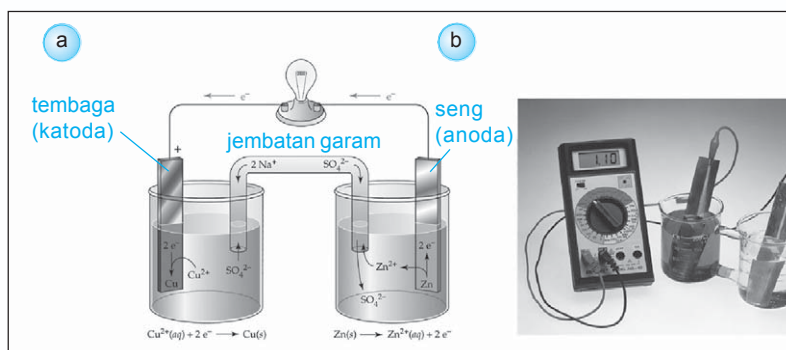
**Gambar 6.2** adalah gambar baterai yang mempunyai kutub positif dan kutub negatif. Campuran mangan dioksida berfungsi sebagai zat pelindung elektrolit. Di antara lapisan paling luar yaitu seng berfungsi sebagai kutub negatif dan campuran mangan dioksida terdapat pasta amonium klorida yang berfungsi sebagai elektrolit. Di antara kutub positif dan kutub negatif ini terdapat beda potensial. Beda potensial inilah yang menyebabkan baterai tersebut dapat mengalirkan arus listrik jika dipasangkan secara benar dalam sebuah rangkaian. Suatu saat, karbon dan elektrolit dari baterai akan habis sehingga baterai tersebut tidak dapat menghasilkan arus listrik. Baterai termasuk sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang.

Dengan adanya arus listrik ini, kamu akan dipermudah memperoleh sumber energi listrik yang dapat dibawa ke mana-mana, sehingga akan lebih mudah dan praktis. Baterai masih banyak digunakan pada jam dinding, radio, lampu senter, dan sebagainya. Pemanfaatan baterai dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan pada **Gambar 6.3**.

Penyempurnaan dari sel seng karbon adalah baterai alkalin. Ukuran, bentuk, dan tegangannya mirip dengan sel seng karbon, tetapi jika digunakan dalam suatu peralatan, sel alkalin dapat bertahan enam atau tujuh kali lebih lama dibanding sel seng karbon biasa. Dalam sel alkalin mengandung elektrolit larutan kalium hidroksida. Pelat logamnya terbuat dari nikel dan senyawa kadmium.

## b. Elemen Volta

Elemen volta ini kali pertama ditemukan oleh Alessandro Volta (1745 – 1827) seorang ahli Fisika berkebangsaan Italia. Elemen volta adalah sel elektrokimia yang dapat menghasilkan arus listrik. **Gambar 6.5** memperlihatkan sebuah elemen volta.



**Gambar 6.5** a. Diagram elemen volta.  
 b. Beda potensial yang dihasilkan oleh elemen volta.

**Sumber:** [www.wpsprenhall.com](http://www.wpsprenhall.com)

Elemen volta terdiri atas tabung kaca yang berisi larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan sebagai anoda adalah logam Cu (tembaga) sedangkan kutub negatif adalah Zn (seng). Jika elektroda-elektroda seng dan tembaga dimasukkan ke dalam larutan asam sulfat, akan terjadi reaksi kimia yang menyebabkan lempeng tembaga bermuatan listrik positif dan lempeng seng bermuatan listrik negatif. Hal ini menunjukkan bahwa lempeng tembaga memiliki potensial lebih tinggi daripada potensial lempeng seng. Elektron akan mengalir dari lempeng seng menuju lempeng tembaga. Jika kedua lempeng ini dirangkakan dengan lampu, arus akan mengalir dari lempeng tembaga ke lempeng seng sehingga lampu akan menyala. Namun, aliran arus listrik ini tidak berlangsung lama sehingga lampu akan padam. Hal ini dikarenakan gelembung-gelembung gas hidrogen yang dihasilkan oleh asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) akan menempel pada lempeng tembaga. Gelembung gas hidrogen ini akan menghambat aliran elektron. Kamu telah mengetahui bahwa arus listrik adalah aliran elektron-elektron sehingga jika aliran elektron ini terhambat, tidak akan ada arus yang mengalir. Peristiwa ini disebut polarisasi. Dengan kata lain, polarisasi adalah peristiwa tertutupnya elektroda elemen oleh hasil reaksi yang mengendap pada elektroda tersebut. Namun demikian, ide Volta inilah yang menjadi prinsip dalam pembuatan baterai dan aki.

### c. Elemen Daniell

Cara kerja elemen daniell pada dasarnya sama dengan cara kerja elemen volta. Namun pada elemen daniell ditambahkan larutan tembaga sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) untuk mencegah terjadi polarisasi, yang dinamakan depolarisator sehingga usia elemen dapat lebih lama. Perhatikan diagram sel daniell pada **Gambar 6.6!**

## 3. Elemen Sekunder

Tidak seperti elemen primer, elemen sekunder bersifat dapat diperbaharui. Artinya tegangan yang berasal dari elemen sekunder suatu saat akan habis, tetapi kamu masih dapat mengisi elemen tersebut. Contoh elemen sekunder adalah akumulator. Akumulator banyak digunakan dalam kendaraan bermotor seperti sepeda motor dan mobil.

Akumulator disebut juga elemen basah. Akumulator terdiri atas pasangan-pasangan keping timbal dan timbal dioksida. Pasangan ini disebut sel (**Gambar 6.7**). Setiap pasangan timbal dan timbal dioksida ini mampu memberikan tegangan 2 volt. Kapasitas penyimpanan sebuah aki dapat terlihat berupa tulisan angka pada aki. Contoh, pada aki tertulis 12V 40 AH, artinya aki mempunyai ggl 12 volt dan mengalirkan arus listrik 40 ampere selama 1 jam.

Sama seperti pada baterai, akumulator juga mempunyai dua buah kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub negatif

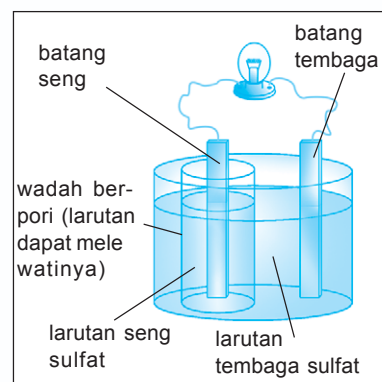
## Info Sains

### Sel Bahan Bakar

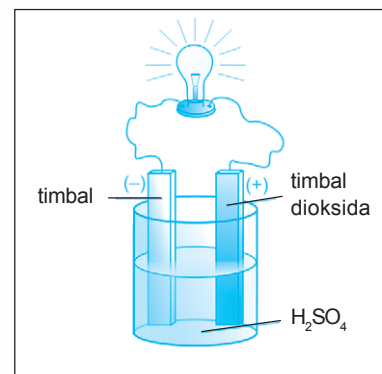
Sel bahan bakar (*fuel cell*) memanfaatkan reaksi kimia untuk menghasilkan arus listrik. Tidak seperti baterai, sel bahan bakar tetap berfungsi selama masih ada pasokan bahan bakar dan oksigen. Bahan bakar dapat berupa hidrogen atau substansi lain yang mengandung hidrogen, misalnya gas alam. Bahan bakar dan oksigen bergabung menghasilkan arus listrik dan air.

Sel bahan bakar tergolong efisien dan tidak menyebabkan polusi. Sel ini dipakai di dalam mesin wahana ruang angkasa untuk memproduksi air bersih, untuk keperluan minum, cuci, dan masak. Sel bahan bakar juga digunakan untuk mencatu daya beberapa tipe kendaraan bermotor listrik.

Sumber: Ensiklopedia Iptek



**Gambar 6.6** Diagram elemen daniell.



**Gambar 6.7** Diagram sebuah sel akumulator.

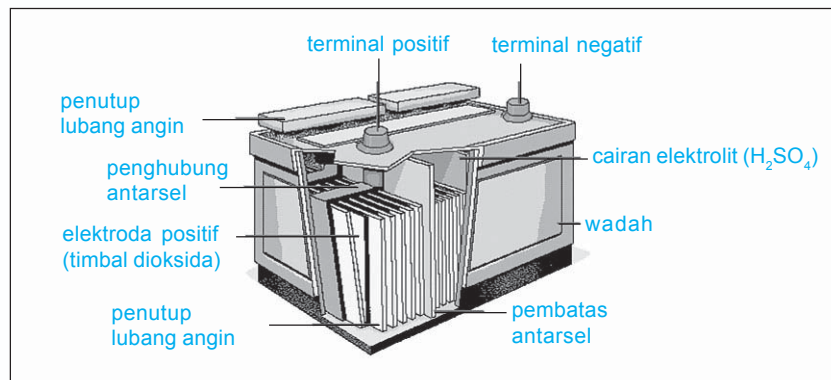
## Info Sains

### Baterai Handphone

Termasuk elemen apakah baterai pada telepon genggam (*hand-phone*)?

Baterai pada telepon genggam termasuk elemen sekunder karena baterai tersebut dapat diisi ulang jika tegangannya telah habis.

terletak pada timbal dan kutub positif pada timbal dioksida. Timbal dan timbal dioksida dicelupkan ke dalam larutan elektrolit asam sulfat. Keuntungan pemakaian elemen sekunder misalnya akumulator yaitu dapat diperbaharui. Agar akumulator dapat berfungsi kembali, perlu dimuati oleh sumber arus searah (DC).



**Gambar 6.8** Penampang bagian dalam sebuah akumulator.

Sumber: Microsoft Student 2006

Perubahan energi saat aki digunakan yaitu dari energi kimia menjadi energi listrik. Sedangkan saat pengisian aki terjadi perubahan energi dari energi listrik menjadi energi kimia. Cara pengisian aki adalah sebagai berikut.

- Hubungkan dengan sumber tegangan arus DC yang beda potensialnya lebih tinggi dari aki tersebut.
- Arus yang mengalir kecil sehingga perlu waktu lebih lama. Hal ini bertujuan agar tidak merusakkan sel aki.
- Ukur konsentrasi larutan dengan hidrometer.
- Perhatikan ukuran kapasitas akinya dengan amperjam.

## 4. Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah beda potensial antara dua buah kutub sumber tegangan. Alat untuk mengukur tegangan disebut voltmeter. Selain tegangan antara kutub-kutub sumber tegangan, setiap alat listrik dalam sebuah rangkaian tertutup akan mempunyai tegangan yang dapat diukur dengan voltmeter. Tegangan ini disebut tegangan jepit. Jadi tegangan jepit merupakan beda potensial antara kutub-kutub sebuah sumber arus listrik ketika sumber mengalirkan arus listrik. Misalkan sebuah sumber 12 V digunakan untuk menyalakan sebuah lampu, ukurlah potensial listrik lampu tersebut dengan cara memasang voltmeter secara paralel dengan lampu. Tegangan yang terbaca pada voltmeter ini merupakan tegangan jepit atau tegangan terpakai oleh alat. Nilai tegangan jepit tergantung pada nilai hambatan bebannya. Makin besar nilai hambatan bahan makin kecil nilai tegangan jepitnya.

Untuk mengetahui cara mengukur tegangan listrik dalam suatu rangkaian listrik, lakukan **Kegiatan 6.1** berikut ini.



**Gambar 6.9** Voltmeter, digunakan untuk mengukur tegangan listrik.



## Kegiatan 6.1

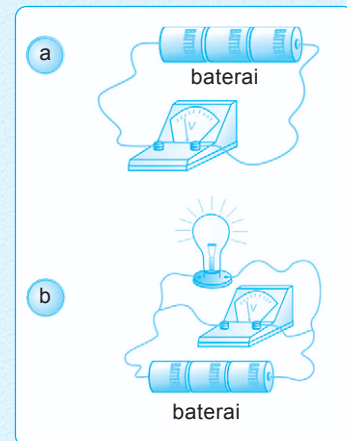
### Mengukur Tegangan Listrik

#### Alat dan Bahan

Tiga buah batu baterai, lampu, voltmeter, serta kabel

#### Prosedur Kerja

1. Ukurlah tegangan dari sumber tegangan baterai yang disusun secara seri, dengan cara memasang voltmeter pada kedua kutub baterai (gambar a).
2. Catatlah angka yang ditunjukkan voltmeter tersebut.
3. Apakah angka yang ditunjukkan voltmeter sama dengan angka yang tertulis pada baterai?
4. Hubungkan baterai tersebut dengan sebuah lampu.
5. Pasanglah voltmeter secara paralel dengan lampu (gambar b).
6. Ketika rangkaian dalam keadaan tertutup, ukurlah tegangan menggunakan voltmeter.
7. Bandingkan tegangan jepit dan tegangan sumber.
8. Bagaimana kesimpulanmu?



## Tugas 6.1

Carilah contoh lain dari sel sekunder, kemudian pelajari bagian-bagiannya dan prinsip kerjanya! Bacakan hasilnya di depan kelas!

## Latihan 6.1

1. Apa yang dimaksud elemen primer dan elemen sekunder?
2. Jelaskan cara kerja elemen volta!
3. Apakah perbedaan antara elemen volta dengan elemen daniell?
4. Apa yang dimaksud tegangan jepit dan GGL?
5. Bagaimana cara mengukur GGL dan tegangan jepit dengan voltmeter?



## B Energi Listrik

Dapatkah kamu memberi contoh perubahan energi listrik menjadi bentuk energi lainnya dalam kehidupan sehari-hari? Dalam kehidupan sehari-hari, energi listrik dapat diubah menjadi energi kalor, energi cahaya, dan energi gerak. Nah, agar kamu lebih memahami bagaimana perubahan bentuk energi





**Gambar 6.10** Peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi kalor.



**Gambar 6.11** Elemen pemanas pada teko listrik.

listrik dan alat-alat yang memanfaatkan energi listrik, pelajarialah uraian berikut dengan baik.

## 1. Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Kalor

Perubahan energi listrik menjadi energi kalor dapat kamu amati pada alat-alat seperti setrika listrik, kompor listrik, solder, dan teko listrik. Perhatikan alat-alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kalor pada **Gambar 6.10**!

Tahukah kamu bagian dalam alat-alat tersebut yang dapat menghasilkan energi kalor? Alat-alat tersebut dapat menghasilkan kalor karena memiliki elemen pemanas.

Elemen pemanas merupakan sejenis hambatan listrik. Ketika elemen pemanas dialiri arus listrik selama waktu tertentu, maka sebagian arus listrik ini akan berubah menjadi energi kalor. Adanya energi kalor menyebabkan benda-benda yang berhubungan dengan konduktor elemen pemanas, seperti pakaian pada setrika listrik, bahan makanan pada kompor listrik, timah pada solder, dan air pada teko listrik, akan mengalami kenaikan suhu.

Elemen pemanas biasanya terbuat dari kawat nikrom yang dililitkan pada lempeng isolator tahan panas, seperti asbes mika. Seluruh bagian lilitan ini ditutupi lagi dengan bahan isolator yang tahan panas, seperti keramik. Alat-alat listrik tersebut aman untuk disentuh karena bagian elemen pemanas telah disekat dengan isolator tahan panas. Besarnya kalor yang dihasilkan elemen pemanas tergantung pada panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat.

### Tugas 6.2

Carilah informasi mengenai bagian-bagian setrika dan prinsip kerjanya sehingga setrika dapat menghasilkan panas! Buatlah dalam bentuk karya tulis, kemudian diskusikan hasilnya di depan kelas!

## 2. Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Cahaya

Alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya adalah lampu. Saat ini ada dua jenis lampu yang banyak digunakan, yaitu lampu pijar dan lampu neon atau lampu tabung.

Lampu pijar terbuat dari bahan filamen yang digulung menyerupai spiral. Filamen ini dipasang dalam bola kaca yang berisi gas nitrogen dan argon. Perhatikan bagian-bagian lampu pijar pada **Gambar 6.12**.

Tahukah kamu bagaimana lampu pijar dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya? Filamen pada lampu pijar terbuat dari kawat tungsten yang sangat tipis dan digulung menjadi spiral rangkap. Ketika dialiri arus listrik, filamen lampu



**Gambar 6.12** Lampu pijar dan bagian-bagiannya.

ini berpijar sampai berwarna putih sehingga lampu memancarkan cahaya. Selain memancarkan cahaya, sebagian energi listrik yang mengalir melalui filamen lampu ini diubah menjadi kalor. Hal ini menyebabkan lampu pijar terasa panas saat kamu sentuh.

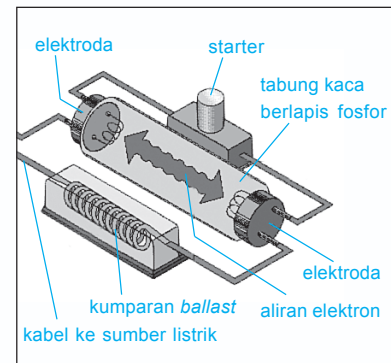
Tungsten dipilih sebagai filamen karena bahan ini tahan panas, titik leburnya mencapai  $3.400^{\circ}\text{C}$ , sehingga tungsten dapat berpijar tanpa melebur. Oleh karena filamen lampu mudah terbakar di udara, maka di dalam bola kaca lampu pijar diisi gas argon dan gas nitrogen. Gas ini tidak bereaksi dengan logam panas sehingga filamen tidak terbakar.

Lampu TL (*tube luminescent*) memiliki cara kerja yang berbeda dengan lampu pijar. Di dalam lampu TL tidak terdapat filamen, seperti pada lampu pijar. Lampu TL terdiri atas tabung kaca yang hampir hampa udara dan berisi uap raksa. Di ujung-ujung lampu TL terdapat elektroda yang diberi beda potensial yang cukup tinggi. Perbedaan beda potensial ini menghasilkan loncatan bunga api listrik di antara kedua elektroda sehingga gas yang ada di dalam lampu TL memancarkan cahaya. Cahaya tersebut mengenai lapisan fosfor yang ada dalam tabung lampu TL sehingga lapisan fosfor memendar dan lampu terlihat mengeluarkan cahaya.

Lampu TL merupakan lampu yang hemat energi. Karena lampu TL dapat mengubah 60% energi listrik menjadi energi cahaya dan 40% lainnya menjadi energi kalor. Hal ini berbeda dengan lampu pijar yang hanya mengubah 10% energi listrik menjadi energi cahaya.

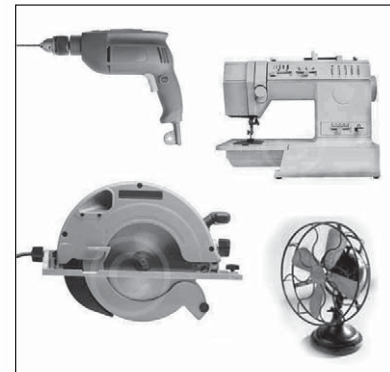
### 3. Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Gerak

Dapatkan kamu menyebutkan alat-alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. **Gambar 6.14** memperlihatkan alat-alat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak, di antaranya kipas angin, bor listrik, gergaji listrik, dan mesin jahit listrik. Bagaimana alat-alat tersebut dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak? Alat-alat tersebut dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak dengan bantuan motor listrik. Perubahan energi listrik menjadi energi gerak pada motor listrik dimulai dengan perubahan energi listrik menjadi induksi magnet. Induksi magnet inilah yang menyebabkan poros atau as pada alat-alat listrik bergerak.



**Gambar 6.13** Lampu TL dan bagian-bagiannya.

Sumber: Microsoft Student 2006



**Gambar 6.14** Alat-alat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak.

#### Latihan 6.2

1. Tuliskan beberapa bentuk energi yang dapat dihasilkan dari energi listrik!
2. Tuliskan alat-alat yang dapat mengubah energi berikut!
  - a. energi listrik menjadi energi kalor
  - b. energi listrik menjadi energi gerak
3. Bagaimanakah cara kerja lampu pijar sehingga dapat menghasilkan listrik?



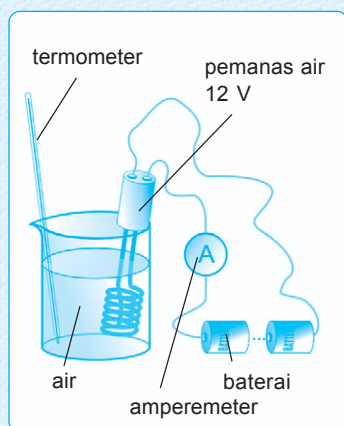
- Apakah perbedaan antara lampu pijar dan lampu TL? Manakah di antara kedua lampu tersebut yang lebih hemat?
- Berilah tiga contoh alat listrik yang hemat energi!

#### 4. Hubungan Tegangan, Kuat Arus, dan Energi Listrik

Apa yang terjadi ketika lampu 3 volt dihubungkan dengan baterai sebesar 6 volt? Ketika lampu 3 volt dihubungkan dengan sumber tegangan sebesar 6 volt, lampu tersebut akan menyala sangat terang. Sebaliknya, jika lampu tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan 1,5 volt, lampu akan menyala redup. Berdasarkan uraian tersebut, besarnya energi listrik sangat bergantung pada tegangan listrik. Nah, tahukah kamu faktor-faktor lainnya yang memengaruhi besar energi listrik? Mari menyelidiki faktor-faktor yang memengaruhi besarnya energi listrik melalui kegiatan berikut.

### Kegiatan 6.2

#### Menyelidiki Hubungan Antara Tegangan, Kuat Arus, dan Energi Listrik



##### Alat dan Bahan

Gelas kimia berisi air 200 mL, baterai 6 volt dan 12 volt, pemanas air 12 volt, amperemeter, termometer, stopwatch, dan kabel penghubung.

##### Prosedur Kerja

- Susunlah rangkaian percobaan seperti gambar.
- Ukurlah suhu air mula-mula. Celupkan pemanas listrik ke dalam gelas kimia yang telah diisi air 200 mL, kemudian hubungkan pemanas air dengan baterai 6 volt.
- Ukurlah waktu yang diperlukan pemanas air untuk memanaskan 200 mL air sehingga suhunya naik sebesar  $5^{\circ}\text{C}$ .
- Ulangi langkah 1 sampai langkah 3, tetapi pemanas air dihubungkan dengan baterai 12 V, kemudian tuliskan hasil pengamatanmu pada tabel seperti berikut.

Tegangan Baterai (V)	Kuat Arus Listrik (I)	Waktu yang diperlukan (t)	$V \cdot I \cdot t$
6 V			
12 V			

Diskusikanlah pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!

- Bagaimana nilai  $V \cdot I \cdot t$  jika pemanas air dihubungkan dengan baterai 6 volt ?
- Bagaimana nilai  $V \cdot I \cdot t$  jika pemanas air dihubungkan dengan baterai 12 volt?
- Berdasarkan kegiatan yang telah kamu lakukan, apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil?

Dari **Kegiatan 6.2**, kamu dapat mengamati bahwa besar kuat arus yang melewati pemanas air saat dihubungkan dengan tegangan 12 volt adalah dua kali lebih besar daripada saat pemanas air dihubungkan dengan sumber tegangan 6 volt. Adapun waktu yang dibutuhkan pemanas air saat dihubungkan dengan sumber tegangan 12 volt lebih cepat daripada saat pemanas air dihubungkan dengan sumber tegangan 6 volt. Dari uraian tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa energi listrik sebanding dengan tegangan listrik ( $V$ ), kuat arus listrik ( $I$ ), dan waktu ( $t$ ). Secara matematis pernyataan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots (6.1)$$

Kamu telah mempelajari Hukum Ohm yang menyatakan bahwa:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{atau} \quad V = I \cdot R$$

Sehingga **Persamaan (6.1)** dapat ditulis menjadi:

$$W = V \cdot I \cdot t = V \cdot \left( \frac{V}{R} \right) \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t \dots\dots (6.2)$$

atau

$$W = V \cdot I \cdot t = (I \cdot R) \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t \dots\dots (6.3)$$

### Keterangan:

- $W$  = energi listrik (joule)
- $V$  = tegangan listrik (volt)
- $I$  = kuat arus listrik (ampere)
- $t$  = selang waktu (sekon)
- $R$  = hambatan listrik (ohm)

### Contoh

1. Sebuah lampu 220 volt dialiri arus listrik sebesar 5 ampere. Tentukanlah energi listrik yang timbul setelah lampu tersebut dialiri arus listrik selama:
  - a. 10 sekon
  - b. 5 menit

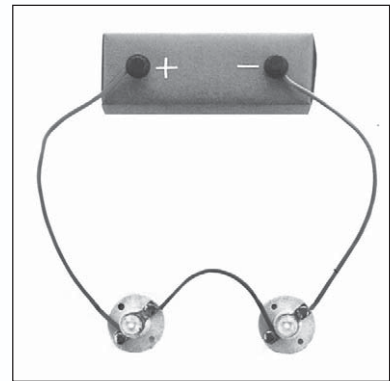
**Jawab:**

$$V = 220 \text{ volt}$$

$$I = 5 \text{ ampere}$$

- a.  $t = 10 \text{ sekon}$

$$\begin{aligned} W &= V \cdot I \cdot t \\ &= (220 \text{ volt}) \cdot (5 \text{ A}) \cdot (10 \text{ s}) \\ &= 11.000 \text{ joule} \end{aligned}$$



**Gambar 6.15** Lampu menyala redup jika dihubungkan dengan sumber tegangan yang lebih rendah dari tegangan kerjanya.



$$b. \quad t = 5 \text{ menit} = 5 \cdot 60 \text{ sekon} = 300 \text{ sekon}$$

$$W = V \cdot I \cdot t$$

$$= (220 \text{ volt}) \cdot (5 \text{ A}) \cdot (300 \text{ s})$$

$$= 330.000 \text{ joule}$$

2. Sebuah setrika listrik 220 volt memiliki elemen pemanas 50 ohm. Berapa energi listrik yang dihasilkan setrika tersebut selama 5 menit?

**Jawab:**

$$V = 220 \text{ volt}$$

$$R = 50 \text{ ohm}$$

$$t = 5 \cdot 60 \text{ s} = 300 \text{ s}$$

$$W = \dots ?$$

Dengan menggunakan Persamaan (6.2) diperoleh:

$$W = \frac{V^2}{R} \cdot t$$

$$= \frac{220^2}{50} \cdot 300$$

$$= 290.400 \text{ joule}$$

3. Energi listrik yang dihasilkan sebuah elemen listrik dengan hambatan 5 ohm dan dialiri arus listrik selama 2 menit adalah 9.600 J. Berapa kuat arus listrik yang mengalir melalui elemen listrik tersebut?

**Jawab:**

$$R = 5 \text{ ohm}$$

$$W = 9.600 \text{ J}$$

$$t = 2 \cdot 60 \text{ s} = 120 \text{ s}$$

$$I = \dots ?$$

Dengan menggunakan Persamaan (6.3) diperoleh:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \Leftrightarrow 9.600 = I^2 \cdot 5 \cdot 120$$

$$\Leftrightarrow I^2 = \frac{9.600}{600} = 16$$

$$\Leftrightarrow I = \sqrt{16} = 4 \text{ ampere}$$

## 5. Penghematan Energi

Energi listrik yang kamu nikmati sehari-hari pada umumnya berasal dari bahan bakar fosil, seperti gas, batubara, dan minyak bumi. Ketersediaan bahan bakar fosil tersebut pada umumnya sangat terbatas. Artinya, suatu saat kita akan kehabisan bahan bakar fosil. Oleh karena itu, apa yang harus kamu lakukan agar sumber energi tidak cepat habis? Hal penting yang harus kamu lakukan adalah mulai dengan segera melakukan penghematan energi, termasuk di antaranya penghematan energi listrik.

Nah, tahukah hal-hal apa saja yang dapat kamu lakukan untuk menghemat energi listrik? Hal-hal yang dapat kamu lakukan untuk menghemat energi listrik di rumahmu adalah sebagai berikut.

1. Tidak menyalakan lampu di siang hari.
2. Mematikan televisi jika tidak ditonton.

3. Mematikan alat-alat listrik setelah selesai dipakai.
4. Menggunakan lampu hemat energi seperti lampu neon.
5. Memakai alat-alat listrik yang mempunyai daya rendah.

Setelah kamu memahami bagaimana cara menghemat energi, cobalah kamu praktikkan penghematan energi dalam kehidupan sehari-hari!

### Latihan 6.3

1. Sebuah pemanas air dihubungkan ke sumber tegangan 220 V sehingga kuat arus yang mengalir sebesar 5 A. Tentukan energi listrik yang dihasilkan pemanas air setelah:
  - a. 3 sekon
  - b. 2 menit
  - c. 1 jam
2. Sebuah radio yang dihubungkan pada baterai 12 V menghasilkan arus listrik 3 A. Jika energi listrik yang diberikan radio 4.320 J, berapa lama radio tersebut dialiri arus listrik?
3. Suatu arus 2 ampere mengalir selama 1 jam melalui seutas kawat yang memiliki hambatan 100 ohm. Berapakah energi kalor yang dihasilkan?
4. Sebuah setrika listrik 220 volt memiliki elemen pemanas 36 ohm. Berapa energi listrik yang dihasilkan setrika tersebut selama 6 menit?
5. Energi listrik yang dihasilkan sebuah elemen listrik dengan hambatan 6 ohm dan dialiri arus listrik selama 6 menit adalah 1.440 J. Berapa kuat arus listrik yang mengalir melalui elemen listrik tersebut?
6.
  - a. Mengapa energi listrik harus dihemat?
  - b. Jelaskan cara-cara untuk menghemat pemakaian energi listrik!



## C Daya Listrik

Pernahkah kamu melihat tulisan pada lampu pijar, seperti 5 watt, 10 watt, atau 60 watt? Atau, pernahkah kamu melihat tulisan pada setrika listrik yang membutuhkan daya 350 watt? Watt merupakan satuan daya listrik. Nah, tahukah kamu apakah daya listrik itu? Daya listrik adalah banyaknya energi listrik yang terpakai setiap sekonnya. Satuan daya listrik adalah watt, 1 watt = 1 joule/sekon. Secara matematis, persamaan daya listrik dinyatakan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (6.4)$$

### Keterangan:

- $P$  = daya listrik (watt)  
 $W$  = energi listrik (joule)  
 $t$  = selisih waktu (sekon)

Satuan daya lainnya:

a. kilowatt (kW), 1 kW = 103 W

b. megawatt (MW), 1 MW = 106 W

Dari Persamaan (6.1) telah diketahui bahwa  $W = V \cdot I \cdot t$ , sehingga daya listrik dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V \cdot I \cdot t}{t} = V \cdot I \quad \text{..... (6.5)}$$

Dengan mengganti  $V = V \cdot I$ , diperoleh:

$$P = V \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 \cdot R \quad \text{..... (6.6)}$$

Dengan mengganti , diperoleh:

$$P = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} \quad \text{..... (6.7)}$$

### Contoh

1. Sebuah radio 150 watt, 220 volt dihubungkan dengan sumber tegangan listrik 220 volt selama 1 menit. Berapa banyak energi listrik yang digunakan?

**Jawab:**

$$P = 150 \text{ watt}$$

$$V = 220 \text{ volt}$$

$$t = 1 \text{ menit} = 1 \cdot 60 \text{ s} = 60 \text{ s}$$

$$W = \dots ?$$

Dengan menggunakan Persamaan (6.4) diperoleh:

$$P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow 150 = \frac{W}{60}$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow W &= 150 \cdot 60 \\ &= 9.000 \text{ J} \end{aligned}$$

2. Sebuah sekring dipasang pada tegangan 220 volt menyebabkan arus mengalir sebesar 3 A. Berapa daya sekring tersebut?

**Jawab:**

$$V = 220 \text{ volt}$$

$$I = 3 \text{ ampere}$$

$$P = \dots ?$$

Dengan menggunakan Persamaan (6.5) diperoleh:

$$P = V \cdot I$$

$$= 220 \cdot 3$$

$$= 660 \text{ watt}$$





Nah, agar kamu lebih memahami bagaimana cara menghitung biaya pemakaian listrik di rumahmu, perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh

Dalam sebuah rumah terdapat 6 buah lampu 25 watt, 2 buah lampu 60 watt, sebuah radio 100 watt, dan sebuah televisi 150 watt yang dinyalakan selama 5 jam setiap harinya. Jika harga 1 kWh sebesar Rp 200,00, berapakah biaya pemakaian listrik selama 1 bulan (30 hari)?

**Jawab:**

Daya total alat-alat listrik adalah:

$$\begin{aligned} P &= (6 \times 25 \text{ W}) + (2 \times 60 \text{ W}) + (1 \times 100 \text{ W}) + (1 \times 150 \text{ W}) \\ &= 150 \text{ W} + 120 \text{ W} + 100 \text{ W} + 150 \text{ W} \\ &= 520 \text{ W} \end{aligned}$$

Pemakaian selama 1 bulan = 5 jam  $\times$  30 hari = 150 jam.

Energi listrik selama 1 bulan adalah:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 520 \text{ watt} \times 150 \text{ jam} \\ &= 78.000 \text{ watt jam} \text{ (1 kWh = 1.000 watt jam)} \\ &= 78 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi, biaya listrik yang harus dibayar adalah  $78 \text{ kWh} \times \text{Rp } 200,00$   
= Rp 15.600,00.

### Latihan 6.4

1. Berapakah daya sebuah pemanas air yang dialiri arus listrik 4 ampere dari sumber tegangan 220 volt?
2. Sebuah setrika listrik dengan hambatan 150 ohm dialiri arus listrik sebesar 10 ampere. Berapakah daya setrika listrik tersebut?
3. Sebuah alat listrik yang memiliki hambatan 20 ohm dihubungkan dengan sumber tegangan 220 volt. Berapakah daya listrik alat listrik tersebut?
4. Pada sebuah lampu pijar tertulis 100 W, 220 V. Jika lampu pijar tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan 150 volt, tentukan daya listrik yang diserap lampu!
5. Dalam sebuah rumah terdapat 6 buah lampu 25 watt, 3 buah lampu 60 watt, 1 buah televisi 150 watt, 1 buah lemari es 200 watt, dan 1 buah radio 100 watt yang dinyalakan selama 5 jam setiap harinya. Jika harga 1 kWh adalah Rp 250,00, berapakah biaya pemakaian listrik dalam 1 bulan (30 hari)?

### Rangkuman

- Gaya gerak listrik atau tegangan adalah gaya dari sumber arus listrik pada elektron sehingga elektron dari sebuah atom materi dapat bergerak.
- Sumber arus listrik dibedakan menjadi elemen primer dan elemen sekunder.
  - a. Elemen primer merupakan sumber arus listrik yang bersifat sekali pakai, misalnya baterai.
  - b. Elemen sekunder merupakan sumber arus listrik yang dapat diperbaharui, misalnya akumulator.

- Tegangan listrik adalah beda potensial antara dua buah kutub sumber tegangan. Alat untuk mengukur tegangan disebut voltmeter.
- Energi listrik dapat diubah menjadi bermacam-macam energi lain yang bermanfaat bagi kehidupan manusia.
  - a. Perubahan energi listrik menjadi energi kalor digunakan pada alat-alat seperti setrika listrik, kompor listrik, solder, dan teko listrik.
  - b. Perubahan energi listrik menjadi cahaya digunakan pada lampu listrik untuk penerangan.
  - c. Perubahan energi listrik menjadi energi gerak digunakan pada alat-alat seperti kipas angin, bor listrik, gergaji listrik, dan mesin jahit listrik.
- Energi listrik sebanding dengan tegangan listrik ( $V$ ), kuat arus listrik ( $I$ ), dan waktu ( $t$ ).

$$W = V \cdot I \cdot t$$

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{atau} \quad V = I \cdot R$$

$$W = V \cdot I \cdot t = V \cdot \left( \frac{V}{R} \right) \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t$$

$$\text{atau} \quad W = V \cdot I \cdot t = (I \cdot R) \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

- Hal-hal yang dapat dilakukan untuk menghemat energi listrik adalah sebagai berikut.
  - a. Tidak menyalakan lampu di siang hari.
  - b. Mematikan televisi jika tidak ditonton.
  - c. Mematikan alat-alat listrik setelah selesai dipakai.
  - d. Menggunakan lampu hemat energi seperti lampu neon.
  - e. Memakai alat-alat listrik yang mempunyai daya rendah.
- Daya listrik adalah banyaknya energi listrik yang terpakai setiap sekonnya. Satuan daya listrik adalah watt.

$$\text{Dirumuskan: } P = \frac{W}{t}$$

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Sumber Arus Listrik dan Energi Listrik** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab VII (Semester II), lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menyebutkan berbagai sumber arus listrik dan arus listrik yang dihasilkannya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan peranan sistem ekskresi terhadap kesehatan dan gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem ekskresi?
3. Dapatkah kamu memberikan contoh perubahan energi listrik menjadi bentuk energi yang lain yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari?



4. Dapatkah kamu menghitung besarnya energi listrik yang melalui suatu hambatan atau peralatan listrik?
5. Apakah kamu dapat menjelaskan cara menghitung daya listrik yang digunakan untuk menjalankan suatu peralatan listrik?
6. Dapatkah kamu memberi contoh penerapan energi dan daya listrik dalam kehidupan sehari-hari dan upaya-upaya untuk menghemat pemakaian energi listrik?

### Latih Kemampuan

6

*Kerjakan di buku tugasmu!*

#### A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Tegangan yang dimiliki sebuah alat listrik disebut ....
  - a. tegangan jepit
  - b. ggl
  - c. hambatan
  - d. penguat
2. Jika sebuah akumulator polaritasnya semakin tinggi, maka ....
  - a. arusnya habis
  - b. arusnya tetap
  - c. arusnya bertambah
  - d. ggl berkurang
3. Elemen volta tidak dapat mengalirkan arus dalam waktu yang lama, sebab ....
  - a. timbul gelembung gas yang menempel pada katoda
  - b. timbul gelembung gas yang menempel pada anoda
  - c. timbul gelembung gas yang menempel pada seng
  - d. asam sulfat menempel pada kutub negatif
4. Untuk mengukur tegangan, sebuah alat ukur voltmeter harus dipasang ....
  - a. seri
  - b. paralel
  - c. boleh paralel atau seri
  - d. tidak ada aturan
5. Ketika akumulator diisi ulang terjadi perubahan energi dari ....
  - a. listrik ke mekanik
  - b. mekanik ke listrik
  - c. kimia ke listrik
  - d. listrik ke kimia
6. Beda potensial antara ujung-ujung sumber tegangan disebut ....
  - a. ggl
  - b. tegangan jepit
  - c. tegangan sekunder
  - d. tegangan primer
7. Berikut adalah termasuk elemen basah, **kecuali** ....
  - a. elemen volta
  - b. baterai
  - c. akumulator
  - d. elemen daniell
8. Larutan yang digunakan dalam elemen volta adalah ....
  - a.  $\text{CuSO}_4$
  - b.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - c.  $\text{H}_2\text{O}$
  - d.  $\text{CuCl}_2$
9. Pada suatu kawat penghantar yang mempunyai beda potensial 10 volt mengalir arus listrik 2 ampere setiap detiknya. Energi kalor yang ditimbulkan adalah sebesar ....
  - a. 0,2 J
  - b. 5,0 J
  - c. 20 J
  - d. 40 J
10. Pada sebuah alat listrik yang dihubungkan ke sumber tegangan 220 volt mengalir arus sebesar 0,25 ampere. Besar daya alat listrik tersebut adalah ....
  - a. 55 watt
  - b. 110 watt
  - c. 165 watt
  - d. 275 watt
11. Sebuah radio dipasang pada tegangan 220 volt sehingga arus yang mengalir melalui radio tersebut adalah 1,5 ampere. Daya radio tersebut adalah ....



- a. 220 watt
  - b. 330 watt
  - c. 440 watt
  - d. 546 watt
12. Berikut ini yang merupakan tindakan pemborosan pemakaian energi listrik adalah ....
- a. mengurangi penggunaan peralatan listrik
  - b. menyalakan lampu di siang hari
  - c. membatasi pemakaian peralatan listrik
  - d. memilih peralatan listrik yang mempunyai daya rendah
13. Besar pemakaian listrik di rumahmu diukur dengan menggunakan ....
- a. voltmeter
  - b. amperemeter
  - c. wattmeter
  - d. meteran
14. Lima buah lampu masing-masing 20 watt dan empat buah lampu masing-masing 100 watt dinyalakan selama 8 jam. Jika harga 1 kWh Rp150,00, biaya pemakaian listrik selama satu bulan adalah ....
- a. Rp10.000,00
  - b. Rp12.000,00
  - c. Rp15.000,00
  - d. Rp18.000,00
15. Berikut yang tidak merupakan sumber energi alternatif adalah ....
- a. angin
  - b. panas bumi
  - c. batubara
  - d. sel surya

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. a. Tuliskan sumber arus listrik yang termasuk elemen primer dan elemen sekunder!  
b. Jelaskan cara kerja elemen volta dan elemen daniell!
2. Tuliskan faktor-faktor yang mempengaruhi besar energi listrik!
3. Hitunglah energi listrik yang dipakai pada alat-alat berikut!
  - a. Sebuah TV yang dihubungkan pada sumber tegangan 220 V dengan arus 500 mA selama 1 jam.
  - b. Pemanas air dengan hambatan 250 ohm yang menarik arus 2 ampere selama setengah jam.
  - c. Lampu pijar 60 watt yang dinyalakan selama 12 jam.
4. Hitunglah daya listrik pada alat-alat berikut!
  - a. Sebuah pemanas yang memberikan energi 2,75 kJ selama 15 menit.
  - b. Lampu neon 960 ohm yang dihubungkan dengan catu daya 120 volt.
  - c. Setrika listrik 220 volt yang menarik arus sebesar 3 ampere.
5. Dalam sebuah rumah terdapat 6 buah lampu 10 watt, 5 buah lampu 60 watt, 1 buah televisi 200 watt, 1 buah lemari es 150 watt, 1 buah radio 100 watt, dan 1 buah dispenser 120 watt yang dinyalakan selama 10 jam setiap harinya. Jika harga 1 kWh adalah Rp 225,00, berapakah biaya pemakaian listrik dalam 1 bulan (30 hari)?

## Wacana Sains

### Sumber Energi dari Sampah

Beberapa kota besar di dunia memecahkan masalah pembuangan limbah dengan membakar sampah menjadi uap untuk pemanasan dan pembangkit tenaga listrik. Kira-kira terdapat 50 fasilitas seperti itu di Amerika Serikat. Limbah dapat menghasilkan hampir sebanyak energi yang dikeluarkan batu bara yang dibakar. Batu bara meng-

hasilkan energi panas dari 28 – 38 juta joule per kg. Koran usang yang kering dapat membangkitkan 20 juta joules per kg, sedangkan sisa daging yang dimasak menghasilkan 29 juta joule tiap kg.

Persoalan yang terbesar dari pabrik-pabrik seperti itu adalah polusi udara. Suatu pemecahan yang dipakai oleh sebuah pabrik pembakar sampah di Saugus, Massachusetts, menggunakan alat-alat elektrostatis yang menghapuskan partikel debu dan partikel lain yang keluar dari pipa pembuangan gas dengan memakai daya tarik listrik. Jenis lain dari alat penghapus menggunakan air untuk membersihkan partikel dari asap. Sebagai pengganti pembakaran, sampah dapat diubah secara kimia menjadi suatu bahan bakar gas dengan bantuan bakteri. Tentu saja, ini terjadi di dalam tanah.



Bakteri anaerob, yang tidak memerlukan udara untuk hidup, mengubah limbah menjadi metana. Kadang-kadang tempat sampah seperti ini meledak bila gas terbakar. Perusahaan memanfaatkan gas ini, memprosesnya, dan menjualnya. Proses akan lebih efisien jika logam dan kaca diambil seperti halnya sampah berada dalam pabrik pembakaran sampah dan sampah yang diragikan dalam keadaan terkendali.

Kotoran juga merupakan sebuah sumber metana yang dapat diperdagangkan. Metana terbukti lebih murah, lebih bersih, dan tidak merusak mesin daripada bensin.

## Latihan Semester I

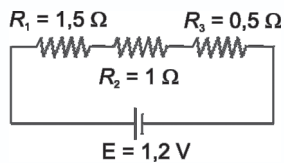
### A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Fungsi ginjal adalah untuk ....
  - a. menawarkan racun
  - b. menampung urin
  - c. membentuk glikogen
  - d. menyaring darah
2. Bagian lidah yang paling peka terhadap rasa asam adalah ....
  - a. tengah lidah
  - b. pangkal lidah
  - c. ujung lidah
  - d. tepi/pinggir lidah
3. Hormon yang dihasilkan alat kelamin wanita adalah ....
  - a. estrogen
  - b. testosteron
  - c. androgen
  - d. parathormon
4. Berikut merupakan fungsi dari saraf simpatik, *kecuali* ....
  - a. mempercepat denyut jantung
  - b. memperlebar pembuluh darah
  - c. memperlebar pupil pada mata
  - d. menurunkan kadar gula dalam darah
5. Pada musim kemarau pohon jati menggugurkan daunnya merupakan bentuk adaptasi ....
  - a. tingkah laku
  - b. fisiologis
  - c. morfologis
  - d. musim
6. Organisme yang dapat berkembangbiak secara vegetatif dan generatif adalah ....
  - a. cacing tanah
  - b. belalang
  - c. *Hydra*
  - d. bekicot
7. Cadangan makanan pada telur burung terdapat pada ....
  - a. amnion
  - b. alantois
  - c. kuning telur
  - d. albumen
8. Perkembangbiakkan dengan rhizoma terjadi pada tanaman ....
  - a. ketela pohon
  - b. kencur
  - c. kentang
  - d. ubi jalar
9. Ercis berbiji bulat (BB) disilangkan dengan ercis berbiji keriput (bb). Keturunan pertamanya menghasilkan ercis dengan genotipe ....
  - a. BB
  - b. Bb
  - c. bb
  - d. Bk
10. Persilangan antara jarak berbuah besar manis (BBMM) dengan jeruk berbuah kecil masam (bbmm) akan menghasilkan  $F_1$  dengan genotipe ....
  - a. BBmm
  - b. BbMm
  - c. BbMM
  - d. bbMM
11. Penyakit keturunan pada manusia yang tidak terpaut dengan kromosom seks contohnya ....
  - a. hemofilia
  - b. buta warna
  - c. anodontia
  - d. perasa PTC
12. Contoh produk bioteknologi konvensional adalah ....
  - a. tempe, tape, kecap, dan anggur sari buah
  - b. asam amino, kecap, vaksin, dan enzim
  - c. enzim, vaksin, asam amino, dan antibiotika
  - d. tempe, asam amino, antibiotika, dan cuka
13. Pada kultur jaringan, eksplan yang dikulturkan akan tumbuh menjadi massa sel yang belum mengalami diferensiasi yang disebut ....
  - a. plantlet
  - b. kalus
  - c. totipotensi
  - d. meristem
14. Pernyataan tentang Hukum Coulomb yang tidak benar adalah ....
  - a. besarnya dipengaruhi oleh muatan
  - b. besarnya dipengaruhi oleh jarak
  - c. besarnya dipengaruhi oleh medium
  - d. besarnya hanya dipengaruhi oleh salah satu muatan saja
15. Muatan listrik sebesar 40 C dipindahkan dari benda 1 ke benda 2. Jika diketahui usaha untuk memindahkan benda tersebut 120 J, beda potensial listrik antara benda 1 dan benda 2 adalah ....
  - a. 1 J/C
  - b. 2 J/C
  - c. 3 J/C
  - d. 4 J/C

16. Arus listrik adalah ....

- a. besarnya hambatan dalam suatu rangkaian
- b. banyaknya muatan yang mengalir per satuan waktu
- c. banyaknya elektron dalam suatu atom
- d. besarnya beda potensial antara dua titik

17. Besar arus yang mengalir melalui rangkaian gambar di bawah ini adalah ....



- a. 0,3 A
  - b. 0,4 A
  - c. 2,5 A
  - d. 4,4 A
18. Gaya gerak listrik dimiliki oleh ....
- a. ohmmeter
  - b. resistor
  - c. voltmeter
  - d. sumber tegangan

19. Sebuah elemen volta dikatakan habis jika ....

- a. terjadi pengutuban
- b. terjadi gelembung
- c. cairannya habis
- d. elektrodanya habis

20. Berikut ini alat yang menyerap energi listrik paling banyak jika dihubungkan dengan sumber tegangan 220 volt adalah ....

- a. pompa listrik 110 watt yang menyala selama setengah jam
- b. setrika listrik 350 watt yang menyala selama satu jam
- c. TV 80 watt yang menyala 12 jam
- d. pemanas air 150 watt yang menyala setengah jam

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan mengapa orang yang tuna netra dapat dengan mudah memahami huruf *Braille*!
2. Apa perbedaan dan persamaan sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi?
3. Apa yang harus dilakukan oleh suatu makhluk hidup agar kelestarian jenisnya tetap terjaga?
4. Jelaskan pembuahan tunggal yang terjadi pada tumbuhan gymnospermae. Apa perbedaannya dengan pembuahan ganda?
5. Pada ercis, biji kuning (K) dominan terhadap biji hijau (k). Biji bulat (B) dominan terhadap biji keriput (b). Bila ercis yang berbiji kuning bulat homozigot disilangkan dengan ercis berbiji hijau keriput homozigot, semua keturunan pertamanya (F1) berbiji kuning bulat. Buatlah diagram perkawinan jika keturunan pertama itu dikawinkan sesamanya. Tentukan pula perbandingan fenotipe dan genotipe pada F2.
6. Jelaskan prinsip dari kultur jaringan tumbuhan. Jenis tumbuhan apakah yang sering diperbanyak dengan kultur jaringan?
7. Jelaskan apa yang dimaksud dengan istilah-istilah berikut ini!
  - a. medan listrik
  - b. beda potensial listrik
  - c. hubungan singkat atau korsleting
  - d. gaya gerak listrik
8. Tuliskan contoh-contoh aplikasi rangkaian seri dan rangkaian paralel!
9. Jelaskan cara kerja elemen Volta dan elemen Daniell!
10. Sebuah lemari es dinyalakan rata-rata 6 jam sehari. Lemari es tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan 220 volt dan membutuhkan arus sebesar 2,5 A. Jika harga 1 kWh Rp150,00, Berapakah biaya pemakaian energi listrik selama sebulan (30 hari)?



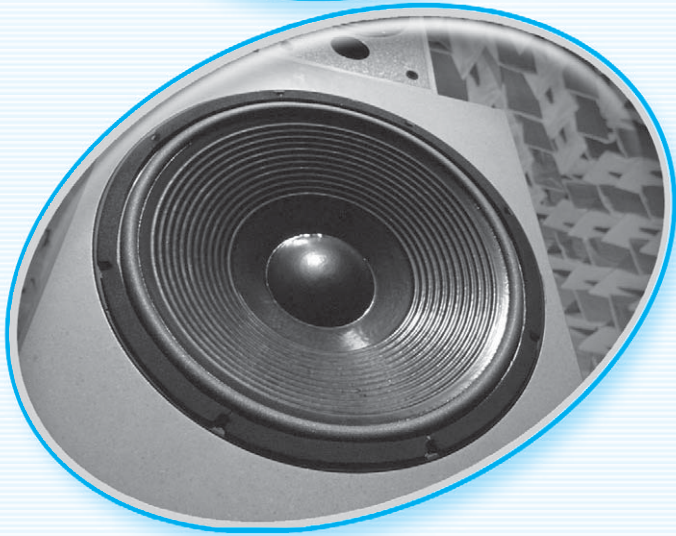
# Semester II





## Bab VII

# Kemagnetan

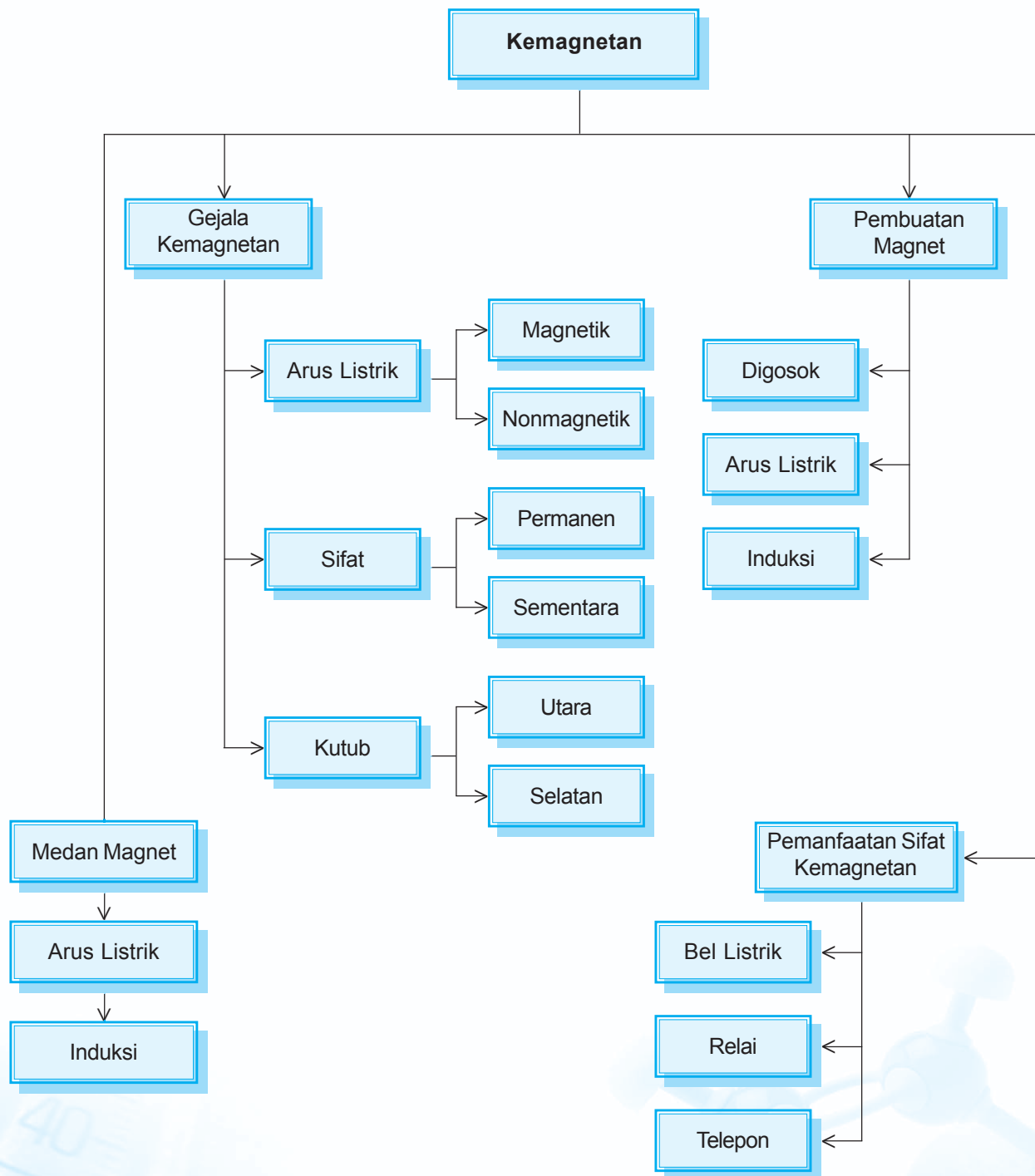


Kompas adalah alat penunjuk arah yang menggunakan magnet sebagai bahan utamanya. Mengapa jarum kompas selalu menunjuk arah utara dan selatan?

Sekarang, banyak sekali alat yang diciptakan dengan memanfaatkan sistem kemagnetan seperti alat penghasil suara yang biasa digunakan untuk mendengarkan musik. Bagaimana prinsip kerja alat-alat yang menggunakan sistem kemagnetan?

Mari kita pahami konsep kemagnetan dan penerapannya. Dalam pembelajaran bab ini, kamu dapat menyelidiki gejala kemagnetan, cara membuat magnet, dan mendeskripsikan pemanfaatan kemagnetan dalam produk teknologi.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- gaya Lorentz
- induksi
- kompas
- magnet

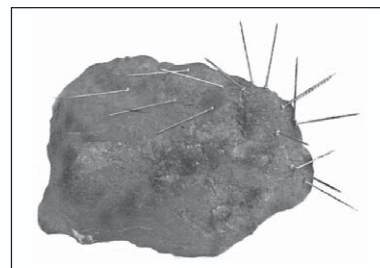


## A. Gejala Kemagnetan

Pada beberapa abad yang lalu, kira-kira 600 SM, bangsa Yunani telah menemukan batuan di daerah Magnesia yang dapat menarik potongan besi dan baja. Batu inilah yang saat ini dikenal dengan nama **magnet**, seperti ditunjukkan pada **Gambar 7.1**.

Pada **Gambar 7.1**, kamu dapat mengamati bahwa magnet dapat menyebabkan paku-paku di sekitarnya yang terbuat dari besi menempel. Gaya yang menarik dan menyebabkan paku-paku tersebut menempel dinamakan **gaya magnetik**.

Secara sederhana, **kemagnetan** dapat diartikan sebagai tarikan sebuah magnet pada bahan-bahan magnetik. Tahukah kamu apa saja yang termasuk bahan magnetik itu? Mari kita selidiki dengan melakukan kegiatan berikut!



**Gambar 7.1** Batu yang dapat menarik potongan besi, kemudian disebut magnet.

### Kegiatan 7.1

#### Menyelidiki Bahan-Bahan Magnetik

##### Alat dan bahan:

Sebuah magnet, peniti, karet penghapus, penjepit kertas (klip), sendok, kertas, pensil, pulpen, jarum, penggaris, dan paku payung.

##### Prosedur kerja:

Dekatkan benda-benda tersebut pada magnet, kemudian amatilah benda apa saja yang tertarik magnet. Catat hasilnya dalam tabel.

Nama Benda	Tertarik Magnet	Tidak Tertarik Magnet
peniti	....	....
karet penghapus	....	....
penjepit kertas (klip)	....	....
sendok	....	....
kertas	....	....
pensil	....	....
pulpen	....	....
jarum	....	....
penggaris	....	....
paku payung	....	....



*Diskusikanlah pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!*

1. Benda apa saja yang termasuk bahan magnetik?
2. Benda apa saja yang termasuk bukan bahan magnetik?

Dari **Kegiatan 7.1**, kamu dapat mengamati bahwa **benda magnetik** adalah benda yang dapat ditarik oleh magnet, seperti peniti, penjepit kertas, jarum, dan paku payung. Benda magnetik biasanya terbuat dari besi, baja, kobalt, dan nikel. Adapun benda-benda yang tidak dapat ditarik magnet dinamakan **benda nonmagnetik** atau **benda bukan magnetik** seperti penghapus, sendok, kertas, pensil, pulpen, dan penggaris. Benda non-magnetik biasanya terbuat dari tembaga, aluminium, plastik, karet, dan kayu.

Berdasarkan kemampuan menyimpan sifat magnetiknya, bahan magnetik dapat digolongkan menjadi magnet permanen dan magnet sementara.

Magnet permanen merupakan magnet yang tetap mempertahankan kekuatannya untuk jangka waktu yang lama. Magnet permanen digunakan dalam berbagai alat pengukur, antara lain voltmeter, galvanometer, alat perekam kardiograf, kompas magnet, magnetometer. Magnet permanen juga digunakan dalam peralatan seperti pengeras suara (*loudspeaker*), pita kaset, dan disket.

Nah, tahukah kamu bahan apa saja yang dapat dibuat menjadi magnet permanen? Magnet permanen dapat dibuat dari logam-logam keras seperti baja dan logam campuran besi, nikel, dan kobalt. Logam-logam keras ini sukar dijadikan magnet. Tetapi setelah menjadi magnet, logam-logam keras ini mampu menyimpan sifat magnetiknya dalam jangka waktu yang lama.

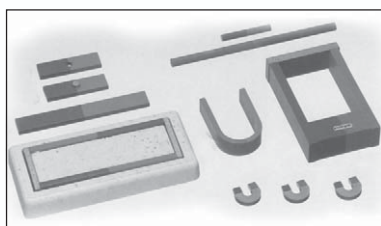
Magnet sementara dapat dibuat dari logam-logam lunak, seperti besi dan logam paduan nikel. Logam-logam lunak ini lebih mudah dijadikan magnet, tetapi sifat magnetnya pun mudah hilang atau memiliki sifat magnet yang sementara. Oleh karena itu, magnet sementara biasa digunakan dalam bel listrik, motor listrik, dan generator listrik.

Dapatkah kamu menyebutkan jenis-jenis magnet? Magnet terdiri atas beberapa jenis. Berdasarkan bentuknya, magnet dibedakan atas magnet batang, magnet silinder, magnet U, magnet ladam, dan magnet jarum. Macam-macam magnet ini ditunjukkan pada **Gambar 7.3**.

Kamu dapat mengamati bahwa magnet mempunyai dua buah kutub yang disebut kutub magnet. Kutub-kutub ini dinamakan **kutub utara** (berwarna merah) dan **kutub selatan** (berwarna hitam). Perhatikan **Gambar 7.4**! Pernahkah kamu memperhatikan jarum kompas? Jika kamu memberikan gangguan pada kompas sehingga jarum kompas bergerak atau berputar? Apakah jarum kompas selalu menunjukkan arah yang sama ketika berhenti berputar? Arah mana saja yang ditunjuk jarum kompas? Ketika jarum kompas berhenti, selalu ke arah utara dan selatan. Nah, tahukah kamu mengapa hal tersebut dapat terjadi? Untuk menyelidikinya, mari kita lakukan kegiatan berikut!



**Gambar 7.2** Alat-alat yang menggunakan magnet permanen.



**Gambar 7.3** Macam-macam magnet.



**Gambar 7.4** Kompas.

## Kegiatan 7.2

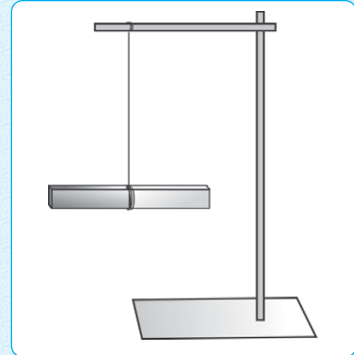
### Menentukan Kutub Utara dan Kutub Selatan Magnet

#### Alat dan bahan:

Sebuah magnet batang, penyangga, dan benang.

#### Prosedur kerja:

1. Ikatlah magnet batang tepat di bagian tengah dengan kuat.
2. Gantungkanlah magnet batang tersebut. Biarkan magnet batang berputar bebas.
3. Setelah magnet berhenti berputar, perhatikan arah kedua ujung magnet dan catat.
4. Putarlah kembali magnet tersebut. Setelah berhenti berputar, perhatikan kembali arah kedua ujung magnet dan catat.



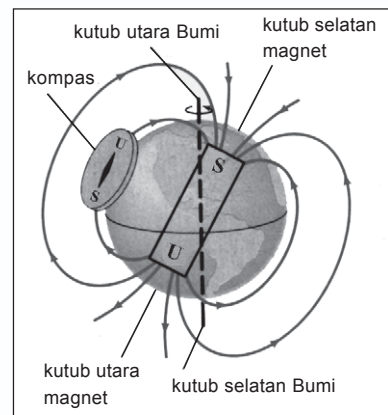
*Diskusikanlah pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!*

1. Apakah ujung-ujung magnet selalu menunjukkan arah yang sama?
2. Menunjuk ke arah manakah ujung-ujung magnet tersebut?
3. Apakah kesimpulan dari hasil percobaan di atas?

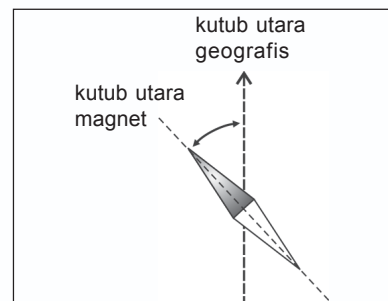
Dari **Kegiatan 7.2**, kamu dapat mengamati bahwa ujung-ujung magnet selalu mengarah ke utara dan selatan bumi. Ujung magnet yang mengarah ke utara bumi dinamakan **kutub utara magnet**, sedangkan ujung magnet yang mengarah ke selatan Bumi dinamakan **kutub selatan magnet**. Sifat magnet yang selalu menunjuk ke arah utara dan selatan ini dimanfaatkan dalam kompas sebagai penunjuk arah.

Dari **Gambar 7.5** kamu dapat mengamati bahwa Bumi memiliki sifat magnetik, sehingga Bumi dapat dianggap sebagai magnet raksasa. Hal inilah yang menyebabkan jarum kompas selalu menunjuk arah yang sama walaupun setelah diberikan gangguan, yaitu arah utara-selatan.

Kamu juga dapat mengamati bahwa kutub utara dari magnet bumi terdapat di dekat kutub selatan bumi dan kutub selatan magnet bumi terdapat di dekat kutub utara bumi. Kutub-kutub magnet bumi tidak tepat berhimpit dengan kutub-kutub bumi. Hal tersebut menyebabkan jarum kompas tidak tepat menunjuk arah utara-selatan bumi, tetapi sedikit menyimpang. Sudut penyimpangan ini dinamakan **sudut deklinasi**, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7.6**. Besarnya sudut deklinasi di berbagai tempat di permukaan bumi tidaklah sama dan selalu berbeda dari tahun ke tahun. Sudut deklinasi dikatakan positif apabila kutub utara magnet jarum kompas menyimpang ke timur atau ke kanan, sedangkan sudut deklinasi negatif sebaliknya.

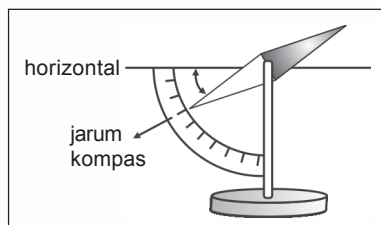


**Gambar 7.5** Bumi memiliki sifat magnetik.



**Gambar 7.6** Sudut deklinasi.

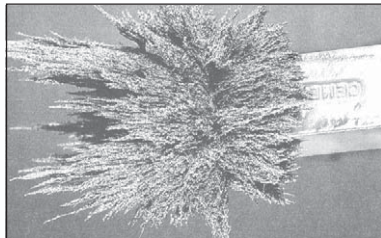




**Gambar 7.7** Sudut inklinasi.

Jika kamu memerhatikan jarum kompas, jarum kompas tidak pernah terletak mendatar atau tidak pernah sejajar dengan bidang horizontal. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Jarum kompas tidak pernah sejajar bidang horizontal karena garis-garis gaya magnetik Bumi tidak sejajar dengan permukaan Bumi, tetapi membentuk kemiringan terhadap arah horizontal. Nah, sudut yang dibentuk oleh jarum kompas terhadap bidang horizontal ini disebut **sudut inklinasi**. Perhatikan **Gambar 7.7**. Sudut inklinasi positif bila kutub utara jarum kompas menyimpang ke bawah terhadap arah horizontal, sedangkan inklinasi negatif sebaliknya.

Tahukah kamu di manakah letak gaya magnet yang paling kuat? Perhatikan **Gambar 7.8**!



**Gambar 7.8** Gaya magnetik terbesar terletak di kutub magnet.

Jika sebuah magnet batang didekatkan pada serbuk-serbuk besi, serbuk-serbuk besi tersebut sebagian besar akan menempel di sekitar ujung-ujung magnet. Jadi, gaya magnetik terbesar terdapat di kutub magnet.

Nah, tahukah kamu apa yang terjadi ketika kutub sebuah magnet didekati oleh kutub magnet lain? Agar kamu mengetahuinya, mari kita selidiki melalui kegiatan berikut.

### Kegiatan 7.3

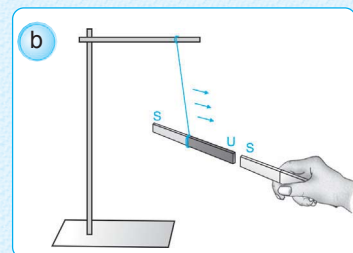
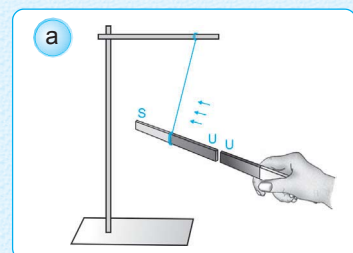
#### Menyelidiki Sifat Kutub Sebuah Magnet jika Didekatkan dengan Kutub Magnet Lainnya

##### Alat dan bahan:

Dua buah magnet batang, benang, dan penyangga.

##### Prosedur kerja:

1. Tandai kutub utara dan kutub selatan kedua magnet tersebut.
2. Gantungkan salah satu magnet batang pada penyangga.
3. Dekatkan kutub utara magnet yang kedua dengan kutub utara magnet yang digantung. Perhatikan gambar (a). Amati apa yang terjadi.
4. Dekatkan kutub selatan magnet yang kedua dengan kutub utara magnet yang digantung. Perhatikan gambar (b). Amati apa yang terjadi.



**Diskusikanlah pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!**

1. Apakah yang terjadi ketika kutub magnet yang sama didekatkan?
2. Apakah yang terjadi ketika kutub magnet yang berbeda didekatkan?
3. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?



Dari **Kegiatan 7.3**, kamu dapat mengamati jika kutub utara magnet yang kedua didekatkan dengan kutub utara magnet yang digantung, kedua kutub magnet tersebut akan saling tolak-menolak. Adapun jika kutub selatan magnet yang kedua didekatkan dengan kutub utara magnet yang digantung, kedua kutub magnet tersebut akan saling tarik menarik. Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa dua kutub magnet yang sejenis akan tolak-menolak, sedangkan dua kutub magnet yang berlawanan akan tarik-menarik.

### Latihan 7.1

1. Apakah bahan magnetik itu? Berikan contoh beberapa bahan magnetik!
2. a. Tuliskan bahan-bahan yang dapat dibuat menjadi magnet permanen  
b. Tuliskan bahan-bahan yang tidak dapat ditarik magnet!
3. a. Mengapa jarum kompas selalu menunjuk arah utara-selatan?  
b. Bagaimanakah cara menentukan kutub utara dan kutub selatan magnet?
4. Apakah yang terjadi jika kutub utara magnet didekatkan dengan kutub selatan magnet? Jelaskan!
5. a. Apakah sudut deklinasi itu?  
b. Apakah sudut inklinasi itu?  
c. Jelaskan perbedaan deklinasi positif dan inklinasi positif!



## B. Membuat Magnet

Bahan-bahan yang dapat dibuat menjadi magnet adalah kelompok bahan-bahan yang bersifat magnetik, seperti baja dan besi. Ada tiga cara untuk membuat magnet, yaitu dengan cara menggosok, mengalirkan arus listrik, dan induksi magnetik. Agar kamu lebih memahami cara membuat magnet, pelajari uraian berikut ini dengan baik!

### 1. Membuat Magnet dengan Menggosok

Tahukah kamu bagaimana cara membuat sebuah baja atau besi menjadi magnet? Mari kita lakukanlah kegiatan berikut!

### Kegiatan 7.4

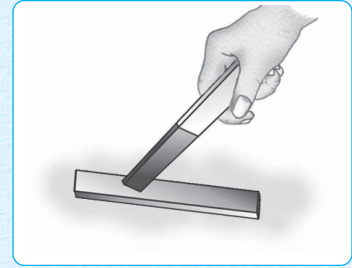
#### Membuat Magnet dengan Menggosok

##### Alat dan bahan:

Sebuah magnet batang, satu batang besi dan beberapa buah jarum.

### Prosedur kerja:

1. Peganglah magnet batang, kemudian gosokkan ujung magnet tersebut pada sepanjang permukaan batang besi dalam satu arah saja. Lakukan selama lima menit. Perhatikan gambar.
2. Dekatkan batang besi yang telah digosok magnet batang dengan jarum. Amatilah apa yang terjadi.
3. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?



Batang besi atau baja yang telah digosok selama beberapa menit dengan magnet batang akan menjadi magnet. Kutub magnet yang dihasilkan di ujung batang besi atau baja yang digosok selalu berlawanan dengan kutub magnet yang menggosoknya.

## 2. Membuat Magnet dengan Mengalirkan Arus Listrik

Tahukah kamu bagaimana cara membuat magnet dengan menggunakan arus listrik? Mari mencoba membuat magnet dengan menggunakan arus listrik melalui kegiatan berikut!

### Kegiatan 7.5

#### Membuat Magnet dengan Cara Mengalirkan Arus Listrik

##### Alat dan bahan:

Sebuah paku yang panjangnya 5 cm, dua buah baterai, beberapa batang jarum, dan kawat penghantar secukupnya.

##### Prosedur kerja:

1. Lilitkan kawat pada sebuah paku. Kemudian, hubungkan kedua ujung kawat dengan kutub positif dan negatif baterai. Perhatikan gambar di samping.
2. Dekatkan paku yang telah dililit kawat tersebut dengan jarum. Amatilah apa yang terjadi.
3. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?



**Gambar 7.9** Paku yang menempel pada magnet dapat menjadi magnet.

Dari **Kegiatan 7.5**, kamu dapat mengamati bahwa paku dapat dibuat menjadi magnet dengan cara diberi arus listrik melalui kawat yang dililitkan pada paku. Magnet yang dibuat dengan menggunakan arus listrik dinamakan dengan elektromagnet.

## 3. Membuat Magnet dengan Cara Induksi

Pernahkah kamu mendekatkan beberapa batang paku pada magnet? Apa yang terjadi jika kamu mendekatkan paku yang sudah menempel pada magnet dengan paku lainnya?

Dari **Gambar 7.8**, kamu dapat mengamati bahwa paku dapat dibuat menjadi magnet dengan cara didekatkan pada sebuah magnet kuat. Cara membuat magnet dengan cara mendekatkan



batang baja atau besi pada sebuah magnet kuat dinamakan **induksi magnetik**. Nah, agar lebih paham bagaimana cara membuat magnet dengan cara induksi, mari kita lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 7.6

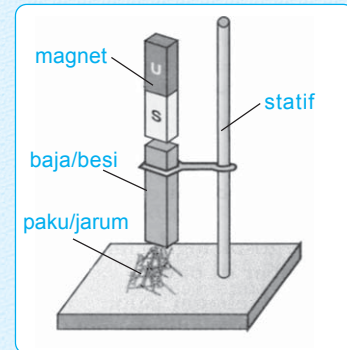
#### Membuat Magnet dengan Cara Induksi Magnetik

##### Alat dan bahan:

Sebuah magnet kuat, statif, sebatang baja, sebatang besi, dan beberapa batang paku/jarum.

##### Prosedur kerja:

1. Letakkan sebatang baja/besi pada statif secara vertikal seperti pada gambar di samping.
2. Letakkan beberapa paku/jarum di bawah batang baja/besi. Perhatikan apakah paku/jarum dapat ditarik oleh batang baja/besi.
3. Letakkan magnet kuat di atas batang baja/besi. Perhatikan apakah paku/jarum dapat ditarik oleh batang baja/besi tersebut. Jauhkan magnet dan amatilah apa yang terjadi.
4. Kesimpulan apa yang dapat kamu ambil?



Dari **Kegiatan 7.6**, kamu dapat mengamati bahwa batang besi dan batang baja yang didekatkan pada magnet dapat menarik jarum. Jika batang besi dan baja yang telah menjadi magnet dijauhkan dari magnet, maka besi akan segera kehilangan sifat magnetiknya. Adapun batang baja tetap dapat mempertahankan sifat magnetiknya. Hal ini menunjukkan bahwa besi hanya dapat dijadikan magnet sementara, sedangkan baja dapat dijadikan magnet permanen.

Setelah kamu memahami cara membuat magnet, dapatkan sifat magnetik suatu benda yang telah menjadi magnet dihilangkan? Mari menyelidikinya melalui kegiatan berikut!

### Kegiatan 7.7

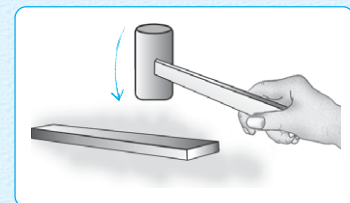
#### Menyelidiki Cara Menghilangkan Sifat Magnetik Suatu Benda

##### Alat dan bahan:

Sebatang baja yang telah menjadi magnet dari hasil **Kegiatan 7.6**, palu, dan beberapa batang jarum.

##### Prosedur kerja:

1. Pukul batang baja yang telah menjadi magnet dengan menggunakan palu beberapa kali. Perhatikan gambar di samping.
2. Dekatkan batang baja tersebut dengan jarum. Amati apa yang terjadi.
3. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?





Dari **Kegiatan 7.7**, kamu dapat mengamati bahwa sifat magnetik suatu benda dapat dihilangkan dengan cara dipukul-pukul. Selain dengan cara dipukul-pukul, sifat magnetik suatu benda dapat juga dihilangkan dengan cara dibakar.

Mengapa besi dan baja dapat menjadi magnet dan sifat magnetik dapat hilang jika dipukul-pukul? Jika sebuah magnet batang dipotong menjadi beberapa bagian, maka bagian-bagian tersebut merupakan magnet baru dan masing-masing bagian mempunyai kutub utara dan kutub selatan. Jika magnet batang tersebut dipotong-potong terus-menerus menjadi bagian yang lebih kecil, akan didapat bagian terkecil yang disebut **magnet elementer**. Teori magnet elementer dikemukakan oleh **Weber**, yang intinya adalah sebagai berikut.

- a. Sebuah magnet dapat dibagi-bagi menjadi magnet yang lebih kecil dalam cacah tak terhingga. Magnet kecil ini dinamakan *magnet elementer*.
- b. Benda/zat, terutama besi dan baja, terdiri atas magnet elementer-magnet elementer.
- c. Pada benda yang bersifat magnet, susunan magnet elementernya teratur dan membentuk arah yang sama. Sedangkan pada benda yang tidak bersifat magnet, susunan magnet elementernya tidak teratur.
- d. Magnet elementer pada besi mudah bergerak, sedangkan magnet elementer pada baja sukar bergerak. Karena itulah, magnet yang terbuat dari besi bersifat sementara, sedangkan magnet yang terbuat dari baja bersifat tetap.

Ketika batang baja yang telah menjadi magnet dipukul-pukul, atom-atom magnet berputar lebih kuat sehingga mengganggu keteraturan magnet-magnet elementer. Hal inilah yang menyebabkan benda tersebut kehilangan sifat magnetiknya.

### Latihan 7.2

1. Jelaskan cara membuat magnet dengan cara digosok!
2. Bagaimanakah cara membuat magnet dengan menggunakan arus listrik?
3. Apakah induksi magnetik itu?
4. Bagaimana cara menghilangkan sifat magnetik suatu benda?
5. Jelaskan mengapa sifat kemagnetan pada sebatang magnet dapat hilang!



## C. Medan Magnet

Jika kamu mendekatkan dua batang magnet, maka akan terjadi gaya tarik-menarik atau tolak menolak antara kedua magnet tersebut.

### 1. Pengertian Medan Magnet

Gaya tarik-menarik atau tolak menolak antara dua magnet terjadi karena di sekitar magnet terdapat medan magnetik. Nah, apakah medan magnetik itu? Mari menyelidiki medan magnetik di sekitar magnet melalui kegiatan berikut!

## Kegiatan 7.8

### Menyelidiki Medan Magnetik di Sekitar Magnet

#### Alat dan bahan:

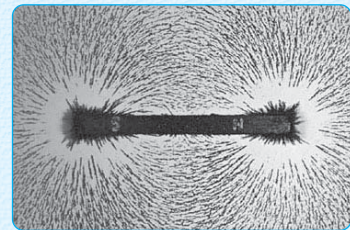
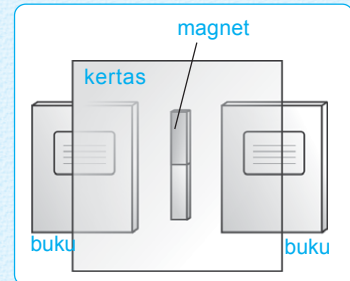
Serbuk besi secukupnya, magnet batang, selembur karton, dan dua buah buku tebal.

#### Prosedur kerja:

1. Letakkan magnet batang di antara dua buah buku tebal, kemudian sisipkan selembur karton di atasnya.
2. Taburkan serbuk-serbuk besi secara merata di atas karton. Perhatikan gambar.
3. Ketuklah karton secara perlahan-lahan beberapa kali. Perhatikan pola yang dibentuk oleh serbuk-serbuk besi.

*Jawablah pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!*

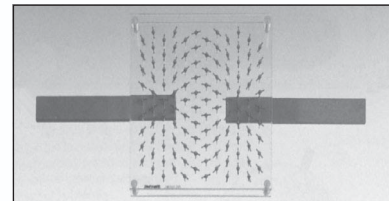
1. Apakah serbuk-serbuk besi tersebut membentuk sebuah pola? Pola apakah yang terbentuk?
2. Di daerah manakah serbuk-serbuk besi paling banyak berkumpul?
3. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?



Dari **Kegiatan 7.8** kamu dapat mengamati bahwa ketika serbuk-serbuk besi ditaburkan di atas karton yang di bawahnya terdapat magnet batang, serbuk-serbuk besi tersebut akan membentuk sebuah pola garis-garis lengkung. Pola garis-garis lengkung yang terbentuk ini merupakan pola garis-garis medan magnetik yang disebut garis gaya magnetik. Nah, ruang di sekitar magnet yang mengalami gaya magnetik dinamakan medan magnetik. **Medan magnet** adalah daerah di sekitar magnet yang menyebabkan sebuah muatan yang bergerak di sekitarnya mengalami suatu gaya. Medan magnet tidak dapat dilihat, namun dapat dijelaskan dengan mengamati pengaruh magnet pada benda lain, misalnya pada serbuk besi. Perhatikan **Gambar 7.11**.

Dengan mengamati garis gaya magnetik pada **Kegiatan 7.8**, dapat kita simpulkan sebagai berikut.

1. Garis-garis gaya magnetik selalu keluar dari kutub utara magnet dan masuk ke kutub selatan magnet.
2. Garis-garis gaya magnetik tidak pernah saling berpotongan dengan garis-garis gaya magnetik lain yang berasal dari magnet yang sama.
3. Daerah yang garis-garis gaya magnetiknya rapat menunjukkan medan magnetik yang kuat, sedangkan daerah yang garis-garis gaya magnetiknya kurang rapat menunjukkan medan magnetik yang lemah. Pada **Gambar 7.11** kamu dapat melihat bahwa medan magnetik paling kuat terdapat di kutub-kutub magnet.



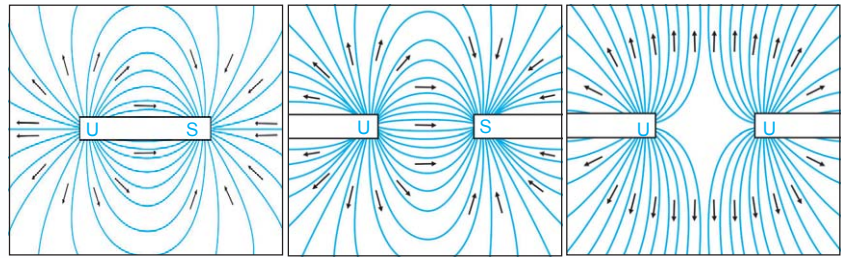
**Gambar 7.10** Garis gaya magnetik.



**Gambar 7.11** Medan magnetik paling kuat terdapat di kutub-kutub magnet.



Beberapa contoh garis gaya magnet dengan arahnya ditunjukkan pada **Gambar 7.12**.



**Gambar 7.12** Garis-garis gaya magnet.

Nah, setelah kamu memahami medan magnetik di sekitar magnet, tahukah kamu bagaimana sifat medan magnetik di sekitar kawat bermuatan arus listrik? Mari menyelidikinya melalui kegiatan berikut!

### Kegiatan 7.9

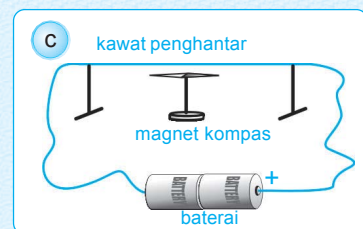
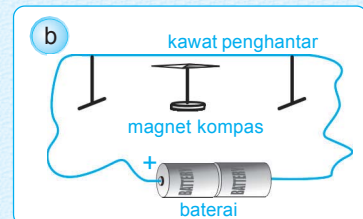
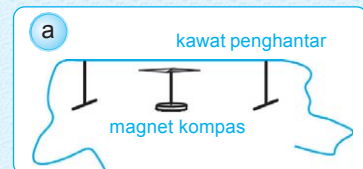
#### Menyelidiki Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik

##### Alat dan bahan:

Kompas, kawat tembaga, dan dua buah baterai.

##### Prosedur kerja:

1. Dekatkan kompas pada kawat yang belum dihubungkan dengan baterai. Apakah kedudukan jarum kompas tersebut berubah? Perhatikan gambar (a).
2. Hubungkan kawat tembaga dengan baterai, kemudian dekatkan dengan kompas. Apakah kedudukan jarum kompas berubah? Ke arah manakah jarum kompas menyimpang? Perhatikan gambar (b).
3. Ubahlah arah arus listrik yang mengalir dengan mengubah kedudukan kutub baterai, kemudian dekatkan dengan kompas. Apakah kedudukan jarum kompas berubah? Ke arah manakah jarum kompas menyimpang? Perhatikan gambar (c).
4. Apakah kesimpulan dari kegiatan di atas?

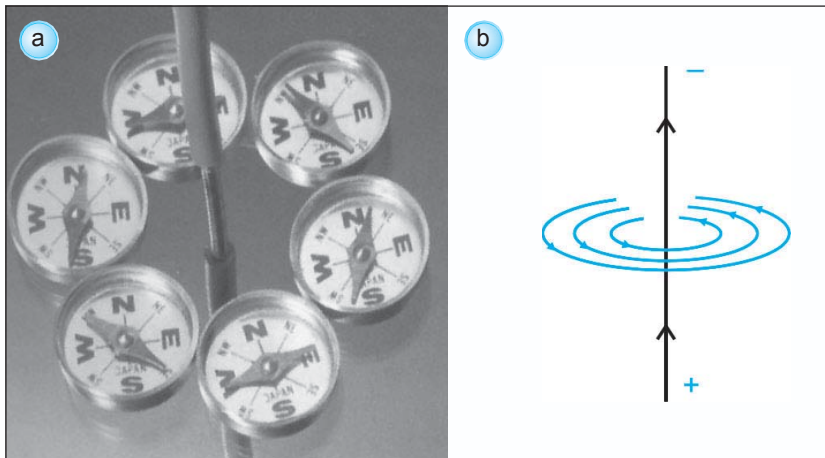


Dari **Kegiatan 7.9**, kamu dapat mengamati bahwa medan magnetik di sekitar kawat yang dialiri arus listrik dapat memengaruhi kedudukan jarum kompas. Ketika arah arus listrik diubah dengan mengubah kedudukan kutub baterai, maka arah penyimpangan jarum kompas pun turut berubah. Sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut.



1. Arah garis gaya magnetik tergantung pada arah arus listrik yang mengalir pada kawat penghantar.
2. Medan magnetik terdapat di sekitar kawat penghantar yang dialiri arus listrik.

Bagaimanakah arah medan magnetik dari sebuah kawat yang dialiri arus listrik? Perhatikan **Gambar 7.13**. Di sekitar kawat penghantar berarus listrik terdapat medan magnet yang diselidiki oleh **Hans Christian Oersted**.

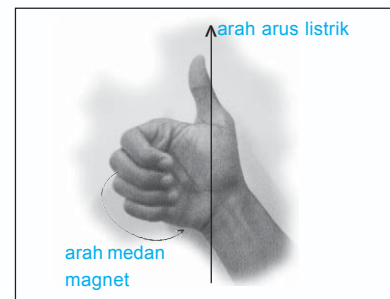


**Gambar 7.13** a. Arah medan magnetik di sekitar kawat berarus listrik.  
b. Diagram arah arus dan medan magnet di sekitar kawat berarus listrik.

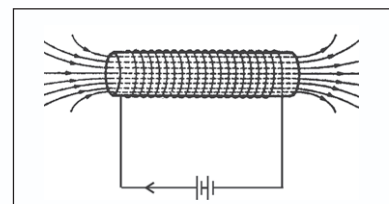
Arah medan magnetik dari sebuah kawat yang dialiri arus listrik dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan Oersted, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.14**. Arah arus listrik ditunjukkan dengan ibu jari dan garis gaya magnetik ditunjukkan dengan keempat jari tangan.

Tahukah kamu bagaimana cara memperbesar medan magnetik? Medan magnetik yang dihasilkan oleh sebuah kawat penghantar sangatlah lemah, untuk menghasilkan medan magnetik yang cukup kuat dapat digunakan kumparan berarus listrik. Kumparan bersifat sebagai magnet yang kuat ini disebut sebagai elektromagnet. Elektromagnet memiliki sifat kemagnetan sementara. Jika arus listrik diputuskan, sifat kemagnetannya segera hilang. Mengapa kumparan berarus listrik dapat menghasilkan medan magnetik yang kuat? Kumparan berarus listrik dapat menghasilkan medan magnetik yang kuat karena setiap lilitan pada kumparan menghasilkan medan magnetik yang akan diperkuat oleh lilitan lainnya. Semakin banyak lilitan suatu kumparan, medan magnetik yang dihasilkannya semakin besar. Pola garis gaya magnetik yang dihasilkan oleh kumparan yang dialiri arus listrik ditunjukkan pada **Gambar 7.15**.

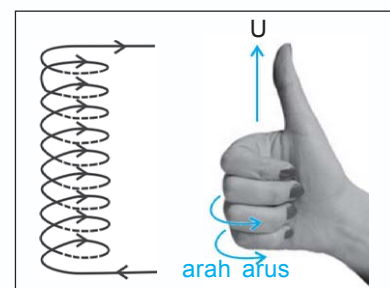
Untuk menentukan kutub magnet pada kumparan berarus listrik, digunakan aturan genggam tangan kanan. Perhatikan **Gambar 7.16**. Kutub utara ditunjukkan oleh arah ibu jari, arah arus pada kumparan sama dengan arah genggam keempat jari.



**Gambar 7.14** Arah medan magnetik ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan.



**Gambar 7.15** Medan magnetik di sekitar kumparan yang dialiri arus listrik.



**Gambar 7.16** Arah kutub magnet pada kumparan berarus.

### Latihan 7.3

1. Jelaskan sifat-sifat garis gaya magnet!
2. Jelaskan pengertian medan magnetik!
3. Jelaskan kaidah tangan kanan Oersted!
4. Di manakah letak medan magnetik yang paling kuat?
5. Jelaskan cara menentukan arah kutub magnet pada kumparan berarus listrik!

## 2. Gaya Lorentz

Gaya Lorentz adalah gaya yang dialami sebuah penghantar yang dialiri arus listrik dalam suatu medan magnetik yang sangat kuat. Nah, agar lebih paham tentang gaya Lorentz, mari kita lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 7.10

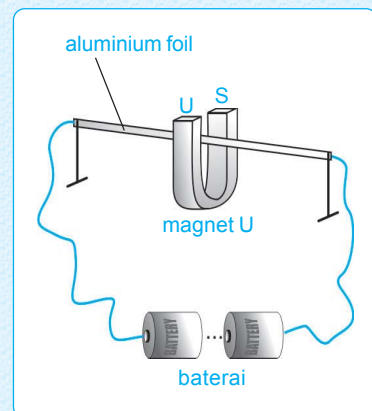
#### Menyelidiki Gaya yang Dialami oleh Penghantar Berarus dalam Medan Magnetik

##### Alat dan bahan:

Pita yang terbuat dari aluminium foil, magnet U, kabel, saklar, dan empat buah baterai 1,5 volt.

##### Prosedur kerja:

1. Letakkan pita aluminium foil di antara kutub utara-selatan magnet U, kemudian hubungkanlah ujung-ujung pita aluminium dengan kutub positif dan negatif baterai. Perhatikan gambar di samping.
2. Tekan saklar sehingga arus listrik mengalir pada pita aluminium foil. Amatilah perubahan yang terjadi.
3. Ulangi kegiatan di atas dengan:
  - a. mengubah arah arus (kutub-kutub baterai ditukar)
  - b. mengubah arah medan magnet (kutub-kutub magnet ditukar)
4. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?



Dari **Kegiatan 7.10**, kamu dapat mengamati bahwa arah gaya Lorentz ( $F$ ) selalu tegak lurus terhadap kuat arus ( $I$ ) dan medan magnetik ( $B$ ).

Untuk memudahkan mengingat arah gaya Lorentz yang dialami penghantar ketika dialiri arus listrik dalam medan magnet digunakanlah kaidah tangan kanan, seperti ditunjukkan

pada **Gambar 7.17**. Arah arus listrik ( $I$ ) ditunjukkan oleh ibu jari, arah medan magnetik ( $B$ ) ditunjukkan oleh jari telunjuk, dan gaya Lorentz ditunjukkan oleh jari tengah.

Besar gaya Lorentz bergantung pada besar medan magnetik, besar arus listrik yang mengalir, panjang kawat penghantar, dan sudut yang terbentuk antara arus listrik dan medan magnetik. Secara matematis gaya Lorentz didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut.

$$F = B \times I \times l \times \sin \theta \quad \text{..... (7.1)}$$

**Keterangan:**

$F$  = gaya Lorentz (Newton)

$B$  = medan magnetik (tesla)

$I$  = kuat arus listrik (ampere)

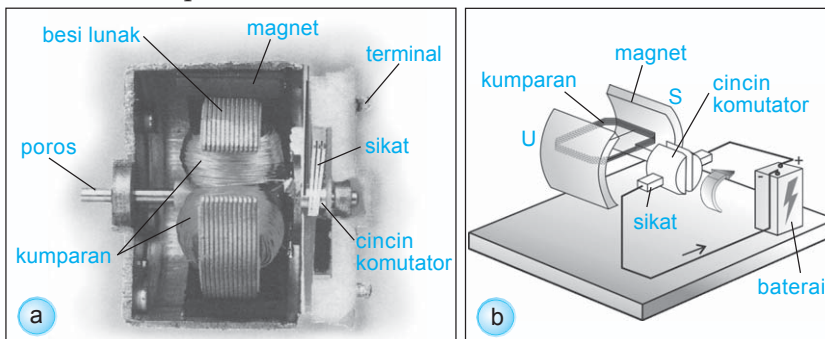
$l$  = panjang kawat penghantar (meter)

$\theta$  = sudut antara arah arus listrik dan arah medan magnetik

Setelah kamu memahami gaya Lorentz, tahukah kamu bagaimana penerapan gaya Lorentz dalam kehidupan sehari-hari? Prinsip gaya Lorentz dimanfaatkan dalam motor listrik.

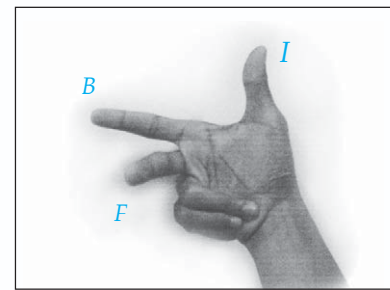
Apakah motor listrik itu? Perhatikan salah satu jenis motor listrik pada **Gambar 7.18**. Motor listrik adalah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak.

Bagaimanakah cara kerja motor listrik sehingga dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak? Perhatikan skema motor listrik pada **Gambar 7.19**!

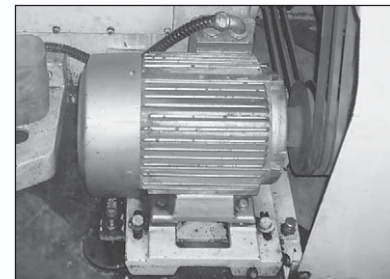


**Gambar 7.19** a. Bagian-bagian dari motor listrik.  
b. Skema motor listrik DC.

Ketika kumparan yang ada dalam daerah medan magnetik dialiri arus listrik, kumparan tersebut menghasilkan gaya Lorentz yang menyebabkan kumparan berputar pada suatu sumbu. Setelah berputar setengah putaran atau sekitar  $180^\circ$ , komutator akan mengubah arah arus yang mengalir pada kumparan sehingga arahnya berlawanan dengan arah arus semula. Hal ini menyebabkan gaya Lorentz berubah sebesar  $180^\circ$  dan kumparan meneruskan putarannya hingga satu putaran penuh. Setelah berputar satu putaran penuh, komutator tersebut kembali mengubah arah arus dalam kumparan sehingga kumparan kembali berputar pada sumbunya. Proses ini terus berulang sehingga motor listrik pun terus berputar.



**Gambar 7.17** Arah gaya Lorentz ( $F$ ) terhadap kuat arus listrik ( $I$ ) dan medan magnetik ( $B$ ).



**Gambar 7.18** Salah satu jenis motor listrik yang sering digunakan untuk menjalankan alat-alat industri ringan.



## Tugas

Carilah peralatan listrik yang menggunakan prinsip kerja gaya Lorentz, kemudian diskusikan dengan teman-temanmu!

## Latihan 7.4

1. Jelaskan apa yang dimaksud gaya Lorentz!
2. Tuliskan faktor-faktor yang memengaruhi besar dan arah gaya Lorentz!
3. Jelaskan kaidah tangan kanan untuk menentukan arah gaya Lorentz pada sebuah penghantar yang dialiri arus listrik dalam suatu medan magnetik yang sangat kuat!
4. Sebutkan bagian-bagian yang ada pada motor listrik!
5. Jelaskan prinsip kerja motor listrik!



## D. Pemanfaatan Sifat Kemagnetan



**Gambar 7.20** Alat pengangkat rongsokan logam.

Pernahkah kamu melihat alat untuk mengangkat rongsokan logam? Perhatikan **Gambar 7.20**!

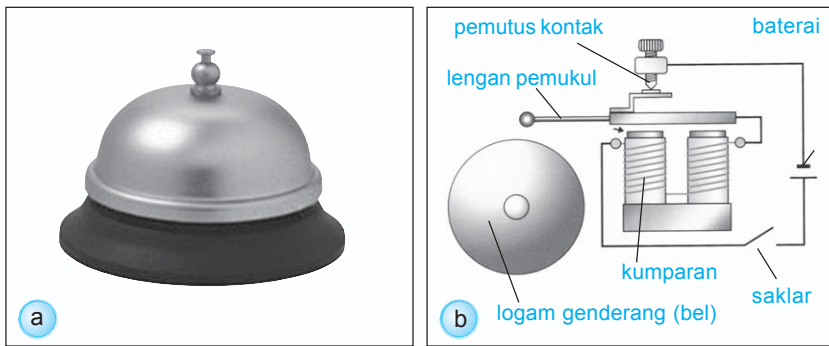
Bagaimana rongsokan logam dapat diangkat oleh mesin pengangkat rongsokan? Mesin pengangkat rongsokan menggunakan prinsip elektromagnet untuk mengangkat logam-logam rongsokan. Hal tersebut dapat terjadi karena baja yang terdapat di dalam alat tersebut dililit kumparan, kemudian dialiri arus listrik sehingga baja tersebut menjadi magnet.

Selain digunakan dalam alat pengangkat rongsokan logam, prinsip elektromagnet digunakan juga dalam bel listrik, relai, dan telepon.

### 1. Prinsip Elektromagnet dalam Bel Listrik

Pernahkah kamu melihat bel listrik? Perhatikan skema bel listrik pada **Gambar 7.21**. Bel listrik terdiri atas beberapa bagian, yaitu sebagai berikut.

- a. Besi berbentuk huruf U yang dililit kawat berfungsi sebagai magnet ketika diberi arus listrik.
- b. Interuptor yang berfungsi sebagai pemutus arus.
- c. Jangkar besi lunak yang dihubungkan dengan pegas baja.
- d. Besi yang berfungsi sebagai bel.
- e. Saklar tekan.
- f. Baterai sebagai sumber tegangan.



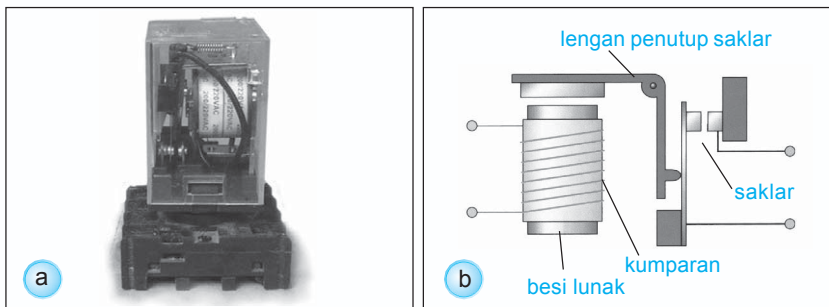
**Gambar 7.21** a. Bel listrik.  
b. Skema bel listrik.

Nah, setelah kamu mengetahui bagian-bagian bel listrik, tahukah kamu bagaimana cara bel listrik tersebut bekerja? Ketika saklar ditekan, arus listrik dari baterai mengalir melalui interuptor lalu menuju pegas baja dan akhirnya sampai di kumparan. Ketika kumparan dialiri arus listrik, kumparan tersebut menjadi magnet (elektromagnet) dan menarik jangkar besi lunak sehingga jangkar tersebut memukul bel dan menghasilkan bunyi. Sesaat setelah jangkar besi lunak ditarik oleh elektromagnet, arus listrik yang mengalir melalui interuptor terputus. Terhentinya arus listrik yang mengalir menuju kumparan menyebabkan kumparan kehilangan sifat kemagnetannya sehingga pegas baja menarik jangkar besi lunak pada keadaan semula. Setelah kembali ke kedudukan semula, interuptor terhubung kembali dengan arus listrik dari baterai sehingga kumparan menjadi magnet dan proses yang sama akan terulang kembali. Proses ini terjadi secara berulang-ulang sehingga bel terus menghasilkan bunyi sampai saklar kembali ditekan untuk memutuskan arus dari baterai.

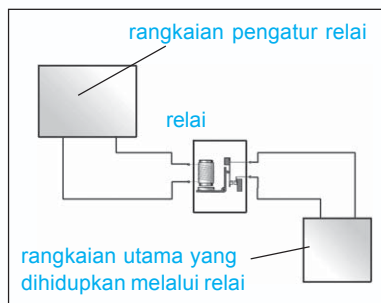
## 2. Prinsip Elektromagnet dalam Relai

**Relai** adalah alat elektronika yang dapat menghubungkan atau memutuskan arus listrik yang besar dengan memanfaatkan arus listrik yang kecil. Relai merupakan saklar yang bekerja dengan menggunakan prinsip elektromagnet.

Pernahkah kamu melihat sebuah relai? Perhatikan bentuk relai dan skema relai pada **Gambar 7.22**!



**Gambar 7.22** a. Relai.  
b. Skema relai.



**Gambar 7.23** Pada relai terdapat dua rangkaian terpisah.

Bagaimana relai memanfaatkan prinsip elektromagnetik sehingga relai dapat berfungsi sebagai saklar? Ketika ada arus lemah yang mengalir melalui kumparan, inti besi lunak akan menjadi magnet. Setelah menjadi magnet, inti besi tersebut menarik jangkar besi lunak sehingga kontak saklar akan terhubung dan arus listrik kuat dapat mengalir. Kontak saklar akan terputus jika arus lemah yang masuk melalui kumparan diputuskan.

Pada relai terdapat dua buah rangkaian yang terpisah. Rangkaian pertama adalah rangkaian yang menghubungkan arus lemah dengan elektromagnet pada relai. Rangkaian kedua adalah rangkaian yang memanfaatkan kontak saklar pada relai untuk memutuskan atau menghubungkan arus listrik kuat yang terhubung dengan alat listrik lainnya, seperti motor listrik atau lampu.

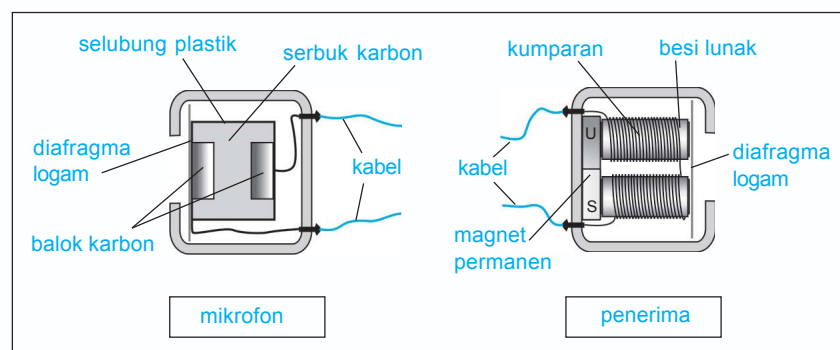
### 3. Prinsip Elektromagnet dalam Telepon



**Gambar 7.24** Telepon

Apakah bagian-bagian yang terdapat dalam telepon sehingga telepon dapat mengirimkan suara? Telepon terdiri atas dua bagian utama, yaitu pesawat pengirim dan pesawat penerima. Telepon bekerja dengan cara mengubah gelombang suara menjadi getaran-getaran listrik. Bagaimanakah hal tersebut dapat terjadi? Ketika kamu berbicara pada pesawat pengirim melalui mikrofon, tekanan suaramu menekan diafragma aluminium sehingga serbuk-serbuk karbon tertekan. Akibatnya, hambatan serbuk karbon berubah-ubah sesuai dengan tekanan suaramu. Perubahan hambatan ini menyebabkan besarnya arus yang mengalir melalui rangkaian ikut berubah mengikuti perubahan tekanan suara. Perubahan besar arus yang mengalir tersebut diubah menjadi sinyal yang akan dikirimkan ke pesawat penerima.

Pada pesawat penerima, sinyal listrik diubah kembali menjadi tekanan-tekanan suara. Akibatnya, diafragma besi yang ada dalam pesawat penerima terdorong dan menghasilkan tekanan suara yang sama dengan tekanan suara yang dikirimkan mikrofon. Perhatikan **Gambar 7.25**!



**Gambar 7.25** Skema mikrofon dan penerima pada pesawat telepon.



### Latihan 7.5

1. Sebutkan bagian-bagian yang terdapat dalam bel listrik!
2. Jelaskan prinsip kerja bel listrik!
3. Jelaskan fungsi interuptor pada bel listrik!
4. Jelaskan prinsip kerja relai!
5. Sebutkan bagian utama telepon!

### Rangkuman

- Kemagnetan adalah tarikan yang ditimbulkan magnet pada benda-benda magnetik. Tarikan tersebut dinamakan gaya magnetik.
- Ujung-ujung magnet selalu menunjuk kutub utara dan kutub selatan magnet yang arahnya sedikit menyimpang dari kutub-kutub bumi. Sudut penyimpangan disebut sudut deklinasi, sedangkan sudut antara kutub magnet dengan arah horisontal disebut sudut inklinasi.
- Bahan-bahan yang bersifat magnetik dapat dibuat menjadi magnet dengan tiga cara, yaitu digosok, dialiri arus listrik, dan induksi elektromagnetik.
- Medan magnet adalah daerah di sekitar magnet yang menyebabkan sebuah muatan bergerak di sekitarnya mengalami suatu gaya. Medan magnetik ditandai dengan garis gaya magnetik yang berarah dari kutub utara menuju kutub selatan.
- Gaya Lorentz adalah yang dialami sebuah penghantar yang dialiri arus listrik dalam suatu medan magnetik. Arah gaya Lorentz ditentukan dengan kaidah tiga jari tangan kanan (ibu jari, telunjuk, jari tengah) yang saling tegak lurus.
- Sifat kemagnetan antara lain dimanfaatkan dalam alat pengangkat rongsokan logam, bel listrik, relai, dan telepon.

### Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Kemagnetan** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab VIII, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan dan memberi contoh gejala kemagnetan?
2. Dapatkah kamu menjelaskan cara membuat magnet dan menghilangkannya?
3. Dapatkah kamu menjelaskan pengertian medan magnet dan menunjukkan arah garis gaya magnet pada berbagai jenis magnet?
4. Apakah kamu mengetahui gaya Lorentz? Bilamanakah gaya itu muncul dan bagaimana menghitung besar dan arahnya?
5. Dapatkah kamu menyebutkan contoh-contoh penggunaan magnet dan gejala kemagnetan pada alat-alat yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari?

**I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

- Kelompok bahan yang termasuk bahan magnetik adalah ....
  - besi, emas, dan perak
  - kuningan, timah, dan karet
  - baja, besi, dan kobalt
  - emas, aluminium, dan tembaga
- Medan magnet yang paling besar dari sebuah magnet batang terdapat di ....
  - bagian tengah
  - bagian kutub-kutubnya
  - seluruh bagian magnet
  - bagian sisi-sisinya
- Gambar di bawah menunjukkan tiga buah magnet batang. Jika C kutub utara, B dan C tolak-menolak, serta D dan E tarik-menarik, jenis kutub magnet pada A dan F adalah ....
 

A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---

  - A dan F sama-sama kutub selatan
  - A dan F sama-sama kutub utara
  - A kutub selatan, F kutub utara
  - A kutub utara, F kutub selatan
- Berikut ini yang termasuk bahan non-magnetik adalah ....
  - besi
  - kobalt
  - tembaga
  - nikel
- Bahan yang paling tepat untuk inti elektromagnetik adalah ....
  - tembaga
  - besi lunak
  - baja
  - kuningan
- Bahan yang paling tepat untuk membuat jarum kompas adalah ....
  - tembaga
  - besi lunak
  - baja
  - kuningan
- Arah garis-garis gaya magnet yang tidak benar ditunjukkan pada gambar ....
 

a.

c.

b.

d.
- Berikut ini adalah cara membuat magnet, **kecuali** ....
  - dialiri arus listrik
  - digosok dengan magnet permanen
  - dibakar
  - diinduksi magnet kuat
- Paku yang menempel pada magnet dapat menarik paku lain di dekatnya. Kejadian tersebut dinamakan ....
  - inklinasi
  - deklinasi
  - induksi
  - elektromagnet
- Menghilangkan kemagnetan dari sebuah batang baja dapat dilakukan dengan cara ....
  - dipanaskan
  - dipukul-pukul dengan palu
  - dibakar
  - diberi arus listrik
- Menurut Oersted, arah medan magnet di sekitar kawat berarus listrik yang benar adalah ....
 

a.

c.

b.

d.

12. Arah garis gaya magnetik pada medan magnet adalah ....
  - a. dari timur ke barat
  - b. dari muatan positif ke muatan negatif
  - c. dari kutub selatan ke kutub utara
  - d. dari kutub utara ke kutub selatan
13. Berikut yang menyebabkan jarum kompas selalu menunjukkan arah utara dan selatan adalah ....
  - a. magnet jarum kompas sangat ringan sehingga mudah ditarik oleh magnet bumi
  - b. adanya gaya tarik menarik antara jarum kompas dengan magnet bumi
  - c. jarum kompas terbuat dari bahan nonmagnetik
  - d. jarum kompas dapat mengikuti arah mata angin
14. Elektromagnet dapat dibuat dengan cara ....
  - a. mengalirkan arus listrik pada batang besi
  - b. memasukkan batang besi ke dalam medan magnetik
  - c. melilit batang besi dengan kawat penghantar
  - d. melilit batang besi dengan kawat yang dialiri arus listrik
15. Prinsip kerja mikrofon telepon adalah ....
  - a. mengubah getaran listrik menjadi gelombang mekanik
  - b. mengubah getaran listrik menjadi gelombang suara
  - c. mengubah gelombang suara menjadi getaran-getaran listrik
  - d. mengubah gelombang suara menjadi gelombang mekanik

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan perbedaan antara magnet permanen dan magnet sementara!
2. Ada empat buah kutub magnet A, B, C, dan D. Kutub A menarik kutub B, kutub B menolak kutub C, dan kutub C menarik kutub D. Jika C adalah kutub utara, tentukanlah jenis kutub-kutub lainnya!
3. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam bel listrik beserta fungsinya!
4. Dapatkah inti besi pada bel listrik digantikan dengan baja? Jelaskan pendapatmu!
5. Jelaskan prinsip kerja telepon!

## Wacana Sains

### Kutub Utara Magnet Bumi Bergeser

Bumi adalah magnet raksasa yang memiliki dua kutub sehingga kompas dapat selalu menunjuk arah utara dan selatan. Meskipun demikian letak kutub-kutubnya tidak selalu tetap. Menurut para ilmuwan, kutub utara magnet Bumi bergerak dari Kanada ke Siberia secara signifikan.

Kutub-kutub magnet adalah bagian Bumi yang dibentuk oleh besi cair dalam inti Bumi. Letak dan arahnya berbeda dengan kutub geografis yang merupakan sumbu putaran Bumi.

Para ilmuwan telah lama mengetahui bahwa kutub magnet Bumi bergerak ke lokasi yang berbeda. Meskipun demikian, mengapa pergerakan ini terjadi masih belum diketahui. "Ini mungkin bagian dari pergerakan normal dan secara bertahap akan kembali ke Kanada," kata Joseph Stoner, seorang ahli paleomagnetik dari Oregon State University dalam pertemuan *American Geophysical Union*.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kekuatan magnet Bumi menurun 10 persen dalam 150 tahun terakhir. Sedangkan analisis terbaru Stoner menunjukkan bahwa selama periode tersebut, kutub utara magnet juga bergerak sejauh 1.100 kilometer dari Kutub Utara. Meskipun demikian, kemungkinan hilangnya sifat magnetik sangatlah kecil.



Kutub utara magnet Bumi pertama kali ditemukan pada 1831 dan ketika diukur kembali pada 1904, para peneliti menemukan bahwa letaknya telah bergerak sejauh 50 kilometer. Menurut para peneliti Oregon, tingkat pergerakan kutub magnet itu meningkat seabad terakhir dibandingkan abad-abad sebelumnya.

Selama berabad-abad, pemandu arah yang menggunakan kompas harus belajar untuk menyesuaikan perbedaan antara arah utara magnet dengan arah utara geografis Bumi. Sebab, sebuah kompas akan menunjuk arah utara magnetik bukannya arah Kutub Utara. Sebuah kompas yang membaca arah utara di Oregon, misalnya, menunjukkan arah 1,7 derajat sebelah timur kutub utara.

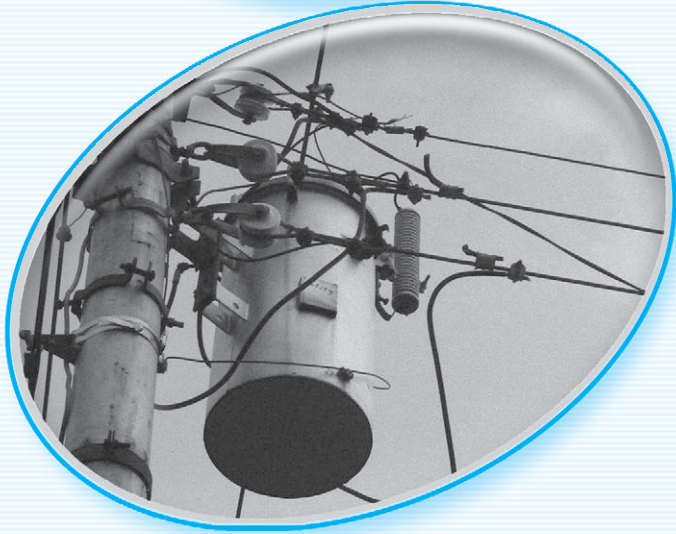
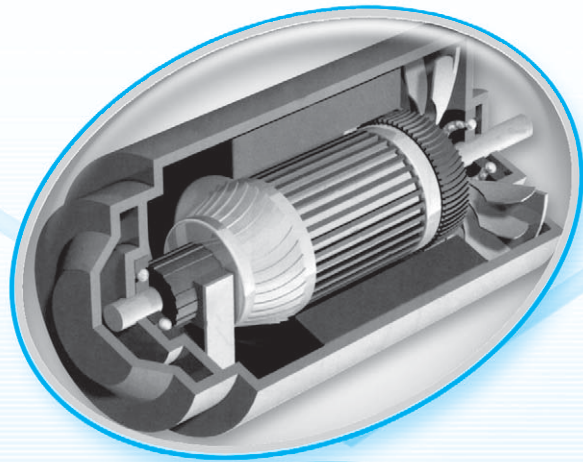
Untuk mengetahui pergerakan kutub magnet Bumi, Stoner dan para ilmuwan lainnya mempelajari endapan yang direkam dari beberapa danau di Arktik. Endapan-endapan tersebut merekam medan magnetik Bumi pada waktu tertentu. Para ilmuwan menggunakan detektor karbon untuk melacak perubahan medan magnetnya.

Dengan cara itulah mereka menemukan bahwa arah utara magnet berubah secara signifikan dalam 1.000 tahun terakhir. Perubahannya bergerak antara Kanada bagian utara dan Siberia, tapi kadang-kadang ke arah yang berbeda.

**Sumber:** [www.teknologi.com](http://www.teknologi.com)

# Bab VIII

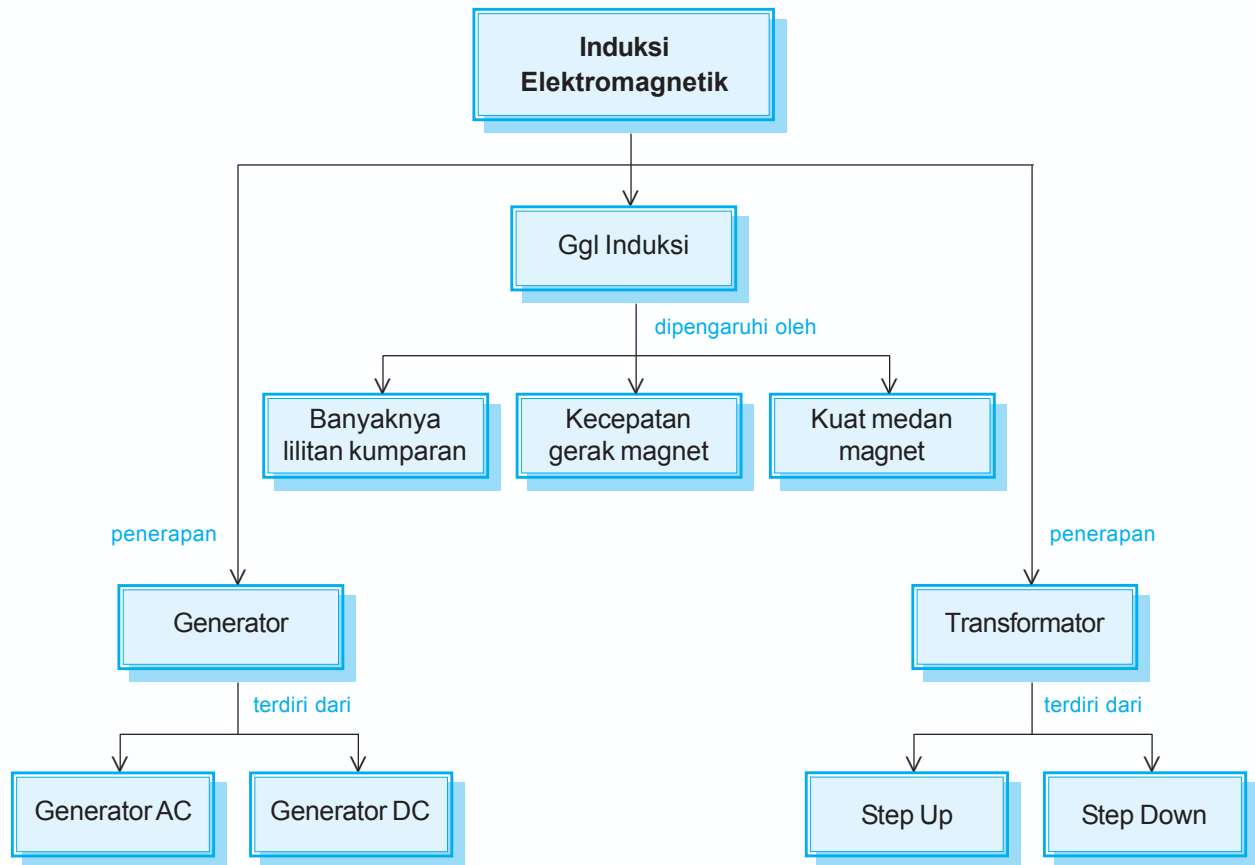
## Induksi Elektromagnetik



Tenaga listrik dapat dibangkitkan dengan generator. Apa hubungannya generator dengan induksi elektromagnetik? Arus listrik bagaimana yang dapat dihasilkan beberapa tiang listrik ada yang dipasang alat yang disebut transformator. Apa gunanya transformator.

Mari kita pahami penerapan konsep kemagnetan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran bab ini, kamu dapat menjelaskan prinsip kerja beberapa alat berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- generator
- induksi
- ggl
- transformator





## A. Gaya Gerak Listrik Induksi

Agar dapat memahami bagaimana terjadinya induksi elektromagnetik, mari kita lakukan percobaan **Faraday** pada kegiatan berikut!

### Kegiatan 8.1

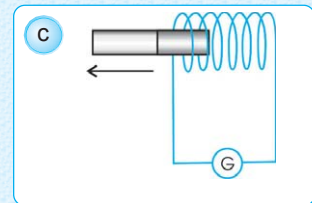
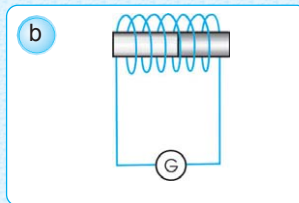
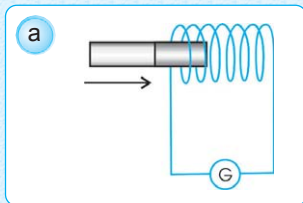
#### Percobaan Faraday

##### Alat dan bahan:

Sebuah kumparan yang mempunyai lilitan banyak, sebuah galvanometer, dan sebuah magnet batang.

##### Prosedur kerja:

1. Hubungkan ujung-ujung kumparan dengan galvanometer.
2. Gerakkan kutub utara magnet batang ke dalam kumparan (Gambar a). Amatilah jarum galvanometer.
3. Diamkan magnet batang beberapa saat di dalam kumparan (Gambar b). Amatilah jarum galvanometer.
4. Keluarkan kutub utara magnet batang dari kumparan (Gambar c). Amatilah jarum galvanometer.
5. Ulangi langkah 2 sampai langkah 4 dengan mengganti kutub utara dengan kutub selatan. Amatilah gerakan jarum galvanometer.



*Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan!*

1. Apakah jarum galvanometer menyimpang ketika kamu menggerakkan magnet memasuki kumparan? Ke arah manakah jarum galvanometer menyimpang?
2. Apakah jarum galvanometer menyimpang ketika magnet batang diam di dalam kumparan?
3. Apakah jarum galvanometer menyimpang ketika kamu menarik magnet keluar dari kumparan? Ke arah manakah jarum galvanometer menyimpang?
4. Apa yang terjadi dengan jarum galvanometer ketika kamu mengganti kutub utara dengan kutub selatan magnet batang, kemudian menggerakkan ke dalam kumparan?
5. Apakah kesimpulan dari percobaan Faraday di atas?

Dari **Kegiatan 8.1** kamu dapat mengamati bahwa ketika kamu menggerakkan kutub utara magnet batang ke dalam kumparan, jarum galvanometer menyimpang. Akan tetapi ketika kamu mendiamkan magnet batang beberapa saat, jarum galvanometer kembali menunjuk ke angka nol atau tidak menyimpang. Jarum galvanometer kembali menyimpang ketika

## Tokoh Sains

### Michael Faraday



Michael Faraday (1791-1867), adalah seorang ahli fisika dan kimia asal Inggris. Penemuannya yang terkenal adalah induksi elektromagnetik dan hukum elektrolisis.

Penelitian awal Faraday adalah pada bidang kimia, di bawah bimbingan Sir Humphry Davy dan berhasil menemukan dua jenis karbon klorida dan benzena. Dalam penelitiannya, Faraday juga berhasil mencairkan beberapa jenis gas.

Pada tahun 1821, Faraday menyelidiki medan magnet di sekitar konduktor yang dialiri arus listrik yang pertama kali diketahui oleh Hans Christian Oersted pada tahun 1819. Pada tahun 1831 Faraday menemukan induksi elektromagnetik dan menunjukkan timbulnya arus induksi pada suatu kumparan akibat adanya arus listrik pada kumparan yang lain. Pada waktu yang sama, Faraday juga sukses mengadakan penelitian dalam bidang elektrolisis.

Sumber: Microsoft Encarta.

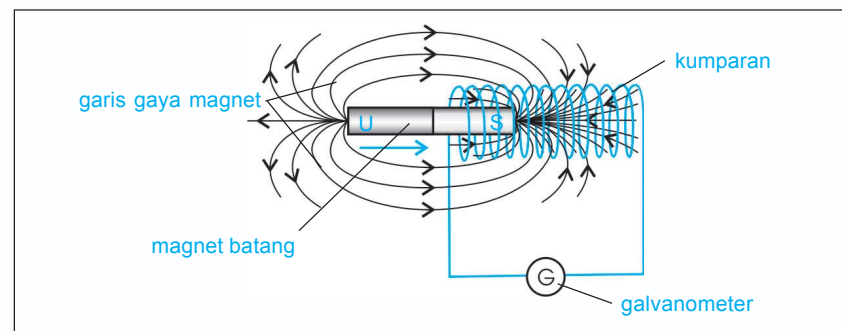
kamu menggerakkan kutub utara magnet batang keluar dari kumparan yang berlawanan arah dengan ketika kamu menggerakkan kutub utara magnet batang ke dalam kumparan.

Saat kamu mengganti kutub utara dengan kutub selatan magnet kemudian digerakkan masuk ke dalam kumparan, maka jarum galvanometer menyimpang dengan arah yang sama ketika kamu mengeluarkan kutub utara magnet batang keluar kumparan.

Apa yang menyebabkan jarum galvanometer menyimpang? Jarum galvanometer menyimpang karena adanya arus listrik yang mengalir dalam kumparan. Arus listrik ini mengalir karena timbulnya beda potensial di ujung kumparan saat kamu menggerakkan kutub magnet batang masuk atau keluar dari kumparan.

Beda potensial yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan dinamakan **gaya gerak listrik induksi** atau **ggl induksi**.

Apakah penyebab timbulnya ggl induksi? Perhatikan **Gambar 8.1!**



**Gambar 8.1** Garis gaya magnetik akan bertambah jika magnet batang digerakkan mendekati kumparan.

Ggl induksi timbul ketika magnet batang digerakkan masuk atau keluar kumparan. Ketika magnet batang digerakkan mendekati kumparan, jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan bertambah. Sebaliknya, ketika magnet batang dijauhkan dari kumparan, jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan akan berkurang. Jika magnet batang terus-menerus digerakkan masuk dan keluar kumparan, jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan terus berubah. Perubahan jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan menyebabkan beda potensial di ujung-ujung kumparan berbeda pula. Timbulnya beda potensial di ujung-ujung kumparan menyebabkan arus listrik mengalir di dalam kumparan. Arus listrik yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan dinamakan **arus induksi**.

Besarnya gaya gerak listrik atau tegangan yang menimbulkan arus listrik pada percobaan Faraday sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang melalui kumparan. Kesimpulan tersebut jika dituliskan secara matematis adalah sebagai berikut.

$$E_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \dots\dots\dots (8.1)$$

**Keterangan:**

$N$  = jumlah lilitan

$\Delta\Phi$  = fluks magnetik (Weber atau Wb)

$\Delta t$  = perubahan waktu/selang waktu (sekon)

$E_i$  = ggl induksi (volt)

Tanda negatif menunjukkan arah gaya gerak listrik (ggl)

**Contoh**

Sebuah kumparan dengan 3.000 lilitan, terjadi perubahan fluks magnetik 1.500 Wb selama selang waktu 2 sekon. Hitunglah besar ggl induksinya!

**Jawab:**

$N = 3.000$

$\Delta\Phi = 1.500 \text{ Wb}$

$\Delta t = 2 \text{ sekon}$

$E_i = \dots ?$

$$\begin{aligned} E_i &= -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ &= -3.000 \cdot \frac{1.500}{2} \\ &= -2,25 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

Jadi di dalam kumparan tersebut timbul ggl induksi sebesar  $2,25 \times 10^6$  volt (tanda – menunjukkan arah ggl).

Nah, apa yang terjadi ketika jumlah lilitan dalam kumparan ditambah? Jika jumlah lilitan dalam kumparan diperbanyak, jarum galvanometer akan menyimpang lebih jauh. Hal ini menunjukkan bahwa arus listrik induksi yang mengalir melalui kumparan meningkat dan ggl induksi bertambah besar.

Selain dengan memperbanyak jumlah lilitan, ggl induksi dapat bertambah lebih besar jika kecepatan magnet yang memasuki kumparan dipercepat.

Jadi, besar kecilnya ggl induksi bergantung pada tiga faktor berikut.

1. Banyaknya lilitan kumparan.
2. Kecepatan gerak keluar-masuk magnet ke dalam kumparan.
3. Kuat magnet batang yang digunakan.

Dari **Kegiatan 8.1**, kamu dapat mengamati bahwa jarum galvanometer menyimpang ke kanan ketika kamu menggerakkan kutub utara magnet batang memasuki kumparan, dan jarum galvanometer menyimpang ke kiri ketika kamu menggerakkan kutub utara magnet batang keluar kumparan. Jika kamu terus menggerakkan magnet batang keluar-masuk kumparan, jarum galvanometer akan menyimpang ke kanan dan ke kiri secara berulang. Hal ini membuktikan bahwa arus listrik dalam kumparan mengalir dalam dua arah, arus listrik



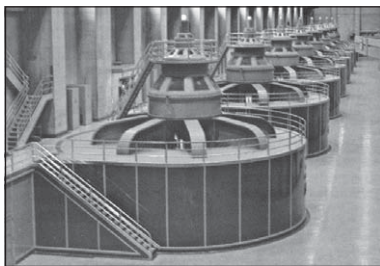
seperti ini dinamakan arus listrik bolak-balik atau arus AC (*Alternating Current*). Sama halnya seperti arus listrik yang berubah-ubah, polaritas tegangan pada ujung-ujung kumparan pun ikut berubah-ubah. Tegangan yang polaritasnya selalu berubah-ubah dinamakan tegangan listrik bolak-balik.

## Kegiatan 8.2

1. Apa yang dimaksud dengan arus induksi?
2. Apa yang dimaksud dengan gaya gerak listrik induksi?
3. Apakah yang dimaksud dengan arus listrik bolak-balik itu?
4. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi besar kecilnya ggl induksi!
5. Sebuah kumparan memiliki 100 lilitan. Jika dalam selang waktu 2 sekon terjadi GGL induksi 400 volt, berapakah perubahan fluks magnetik yang terjadi dalam rangkaian tersebut?

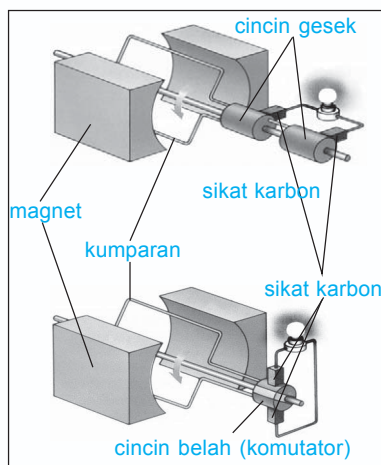


## B. Generator



**Gambar 8.2** Generator mengubah energi kinetik menjadi energi listrik.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer



**Gambar 8.3** a. Generator arus bolak-balik.  
b. Generator arus searah.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

Alat-alat elektronika, seperti televisi, setrika, radio, lemari es, dan lampu memerlukan energi listrik dapat bekerja. Nah, listrik dihasilkan oleh mesin pembangkit listrik yang dinamakan generator atau dinamo. Apakah generator itu? **Generator** adalah mesin yang mengubah energi kinetik atau energi gerak menjadi energi listrik.

Generator menghasilkan arus listrik induksi dengan cara memutar kumparan di antara celah kutub utara-selatan sebuah magnet. Jika kumparan diputar, jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan akan berubah-ubah sesuai dengan posisi kumparan terhadap magnet. Perubahan jumlah garis gaya magnetik inilah yang menyebabkan timbulnya ggl induksi di ujung-ujung kumparan sehingga menghasilkan energi listrik.

Ada dua jenis generator, yaitu generator arus bolak-balik yang disebut juga **alternator** dan generator arus searah. Tahukah kamu perbedaan antara generator arus bolak-balik dan generator arus searah? Perbedaan generator arus bolak-balik dengan generator arus searah hanyalah pada bentuk cincin yang berhubungan dengan kedua ujung kumparan. Pada generator arus bolak-balik terdapat dua buah cincin, dengan tiap cincin berhubungan dengan tiap ujung kumparan. Pada generator arus searah hanya terdapat sebuah cincin yang terbelah di tengahnya yang dinamakan cincin belah atau komutator. Perhatikan perbedaan antara generator arus searah dan generator arus bolak-balik pada **Gambar 8.3!**

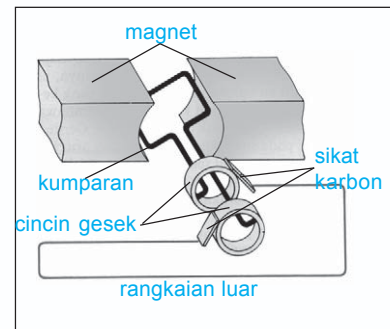
Nah, agar kamu lebih memahami prinsip kerja generator arus bolak-balik dan generator arus searah pelajailah uraian berikut dengan baik!

## 1. Generator Arus Bolak-Balik

Perhatikan prinsip kerja dari suatu generator arus bolak-balik sederhana pada **Gambar 8.4**! Ujung-ujung kumparan yang berada di dalam medan magnetik terhubung pada cincin 1 dan cincin 2 yang ikut berputar jika kumparan diputar. Cincin-cincin tersebut terhubung dengan sikat karbon A dan B. Kedua sikat karbon ini tidak ikut berputar bersama cincin dan kumparan.

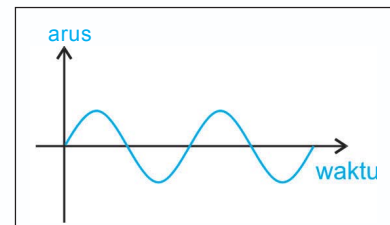
Ketika kumparan berputar, terjadi arus listrik induksi pada kumparan. Arus induksi ini mengalir melalui sikat karbon sehingga lampu menyala. Saat posisi kumparan tegak lurus terhadap arah medan magnetik, arus induksi berhenti mengalir sehingga lampu padam. Beberapa saat setelah kumparan melanjutkan putarannya, arus listrik induksi kembali mengalir dalam kumparan tetapi dengan arah yang berbeda sehingga lampu kembali menyala.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa generator arus bolak-balik menghasilkan arus bolak-balik yang dinamakan arus AC (*alternating current*). Grafik arus bolak-balik yang dihasilkan generator arus bolak-balik dapat dilukiskan pada **Gambar 8.5**.



**Gambar 8.4** Prinsip kerja generator arus bolak-balik.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer



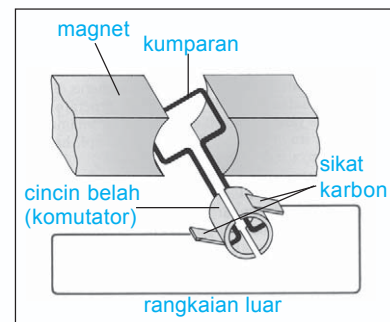
**Gambar 8.5** Grafik arus bolak-balik yang dihasilkan generator arus bolak-balik.

## 2. Generator Arus Searah

Perhatikan prinsip kerja generator arus searah pada **Gambar 8.6**! Generator arus searah hanya memiliki satu cincin yang terbelah di tengahnya yang dinamakan komutator. Salah satu belahan komutator selalu berpolaritas positif dan belahan komutator lainnya berpolaritas negatif. Hal ini menyebabkan arus listrik induksi yang mengalir hanya memiliki satu arah saja, yaitu dari komutator berpolaritas positif menuju sikat karbon, lampu, dan kembali ke komutator berpolaritas negatif. Arus listrik yang mengalir dalam satu arah saja dinamakan arus listrik searah atau *direct current* (DC). Grafik arus searah yang dihasilkan generator arus searah ditunjukkan pada **Gambar 8.7**.

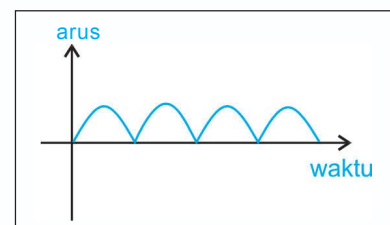
Dari uraian yang telah kamu pelajari, pada generator terdapat dua bagian. Bagian yang pertama dinamakan *rotor*, yaitu bagian-bagian generator yang bergerak, seperti kumparan dan cincin konduktor. Bagian yang kedua dinamakan *stator*, yaitu bagian-bagian generator yang tidak bergerak, seperti magnet dan sikat.

Contoh generator sederhana adalah dinamo sepeda. Dinamo sepeda mengandung kumparan kawat yang berputar di antara dua magnet. Ketika berputar, roda sepeda akan memutar kumparan di antara dua magnet tetap.



**Gambar 8.6** Prinsip kerja generator arus searah.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer



**Gambar 8.7** Grafik arus searah yang dihasilkan generator arus searah.

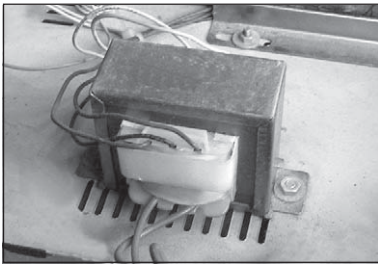
### Tugas

Carilah informasi cara kerja dinamo besarta gambar penampang dinamo sepeda lengkap dengan bagian-bagiannya!

## Latihan 8.1

1. Apakah generator itu?
2. Jelaskan perbedaan antara generator arus bolak-balik dan generator arus searah!
3. Jelaskan prinsip kerja dari sebuah generator!
4. Gambarkan grafik arus listrik yang dihasilkan oleh generator arus bolak-balik dan generator arus searah!
5. Apakah rotor dan stator itu? Jelaskan!

## C. Transformator



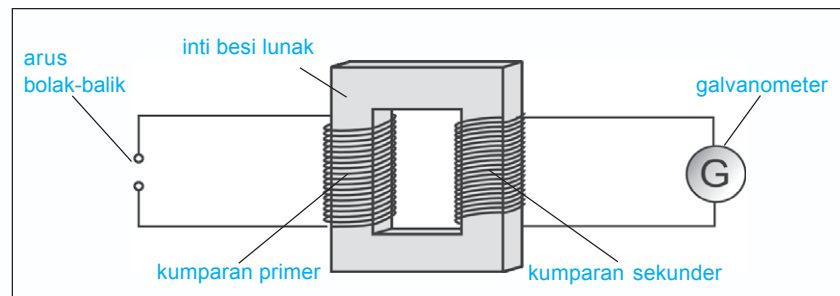
Gambar 8.8 Transformator.

Pernahkah kamu memperhatikan berapa besar tegangan yang dibutuhkan oleh sebuah radio agar dapat menyala? Jika sebuah radio membutuhkan tegangan sebesar 9 volt, apa yang harus dilakukan agar radio dapat menyala dengan baik jika tegangan yang disediakan PLN sebesar 220 volt? Untuk mengubah tegangan PLN sebesar 220 volt menjadi 9 volt kamu dapat menggunakan transformator atau sering disingkat trafo. Nah, pernahkah kamu melihat transformator? Perhatikan transformator pada **Gambar 8.8**!

### 1. Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas pasangan kumparan primer dan sekunder yang terpisah dan dililitkan pada inti besi lunak yang terbuat dari plat besi yang disusun berlapis-lapis.

Prinsip dasar transformator adalah berdasarkan percobaan yang dilakukan pertama kali oleh Faraday. Perhatikan skema rangkaian percobaan Faraday berikut ini!



Gambar 8.9 Skema rangkaian percobaan Faraday.

Pada **Gambar 8.9**, kamu dapat mengamati bahwa rangkaian primer terdiri atas kumparan primer yang dililitkan di sebelah kiri inti besi dan dihubungkan dengan sebuah aki. Rangkaian sekunder terdiri atas kumparan sekunder yang dililitkan di sebelah kanan inti besi dan dihubungkan dengan sebuah galvanometer.

Nah, ketika arus mengalir melalui kumparan primer, arus listrik yang mengalir pada kumparan primer berubah dari nol ke nilai tetapnya. Arus listrik tersebut menghasilkan garis-garis



gaya magnetik. Sesuai dengan kaidah tangan kanan, arus listrik ini akan menghasilkan garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder. Karena arus listrik dalam rangkaian primer selalu berubah-ubah dari nol ke nilai tetapnya, garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder pun berubah-ubah dari nol ke nilai tetapnya. Perubahan garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder akan membangkitkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan sekunder. Dengan adanya arus listrik induksi yang mengalir melalui galvanometer, jarum galvanometer akan menyimpang, misalnya ke kanan. Setelah beberapa saat, garis gaya magnetik sudah tetap sehingga ggl induksi pada ujung-ujung kumparan kembali menjadi nol.

Ketika arus yang mengalir melalui kumparan primer diputuskan, arus listrik yang mengalir pada kumparan sekunder akan berkurang dari nilai tetapnya menuju ke nol. Hal ini menyebabkan garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder juga berkurang dari nilai tetapnya menuju nol. Perubahan garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder ini menyebabkan timbulnya ggl induksi di ujung-ujung kumparan dengan polaritas yang berlawanan dengan ggl induksi yang dihasilkan sebelumnya. Hal ini menimbulkan arus induksi dengan arah yang berlawanan dengan arah arus induksi sebelumnya sehingga jarum galvanometer juga menyimpang ke arah kiri.

Transformator biasanya digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik arus AC. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membedakan jumlah lilitan dari kumparan primer dan kumparan sekunder. Bagaimana hubungan antara jumlah lilitan, kuat arus dan besar tegangan dalam transformator?

Pada transformator, perbandingan tegangan sama dengan perbandingan banyaknya lilitan. Secara matematis hubungan antara tegangan dan banyaknya lilitan dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad \dots\dots\dots (8.2)$$

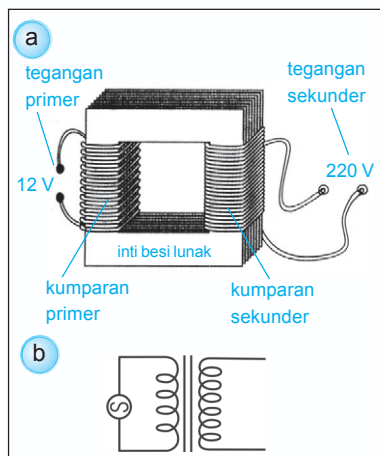
**Keterangan:**

- $V_p$  = tegangan pada kumparan primer
- $V_s$  = tegangan pada kumparan sekunder
- $N_p$  = banyaknya lilitan kumparan primer
- $N_s$  = banyaknya lilitan kumparan sekunder

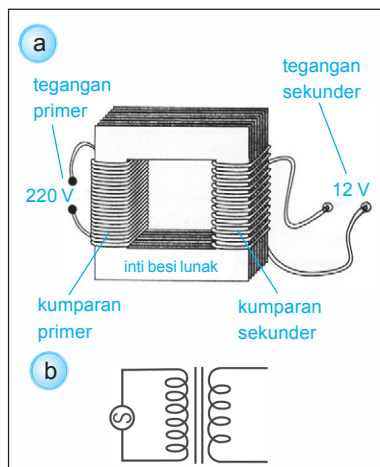
Dari **Persamaan (8.2)** dapat dikatakan bahwa besarnya tegangan berbanding lurus dengan banyaknya lilitan.

Jika besarnya tegangan dan kuat arus listrik pada kumparan primer dinyatakan dengan  $V_p$  dan  $I_p$ , maka besar daya listrik pada kumparan primer ( $P_p$ ) adalah sebagai berikut.

$$P_p = V_p \cdot I_p \quad \dots\dots\dots (8.3)$$



**Gambar 8.10** a. Trafo step up.  
b. Simbol trafo step up.



**Gambar 8.11** a. Transfo step down.  
b. Simbol trafo step down.

Jika besarnya tegangan dan kuat arus listrik pada kumparan sekunder dinyatakan dengan  $V_s$  dan  $I_s$ , maka besar daya listrik pada kumparan sekunder ( $P_s$ ) adalah sebagai berikut.

$$P_s = V_s \cdot I_s \dots\dots\dots (8.4)$$

Berdasarkan tegangan listrik yang dihasilkan, trafo dibedakan menjadi dua macam, yaitu trafo *step up* dan trafo *step down*.

**Trafo step up** adalah trafo yang menghasilkan tegangan arus AC lebih tinggi. Bentuk dan simbol trafo *step up* ditunjukkan pada **Gambar 8.10**. Sedangkan ciri-ciri trafo *step up* adalah sebagai berikut.

- $N_p < N_s$
- $V_p < V_s$
- $I_p > I_s$

**Trafo step down** adalah trafo yang menghasilkan tegangan arus AC lebih rendah. Simbol trafo *step down* ditunjukkan pada **Gambar 8.11**. Sedangkan ciri-ciri trafo *step down* adalah sebagai berikut.

- $N_p > N_s$
- $V_p > V_s$
- $I_p < I_s$

Pada transformator ideal, efisiensi transformator dapat dianggap 100%, hal ini berarti daya yang hilang dalam transformator dapat diabaikan sehingga daya listrik pada kumparan primer dapat diteruskan seluruhnya menuju kumparan sekunder. Dengan pengertian tersebut dapat diperoleh:

$$P_p = P_s \Leftrightarrow V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s \dots\dots\dots (8.5)$$

Sehingga hubungan antara besarnya tegangan dan besarnya arus listrik dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots (8.6)$$

Perbandingan tegangan pada **Persamaan (8.6)** sama dengan perbandingan tegangan pada **Persamaan (8.2)** sehingga hubungan antara arus listrik dengan banyaknya lilitan dapat diperoleh sebagai berikut.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots (8.7)$$

### Contoh

Sebuah radio memerlukan tegangan 9 volt dari catu daya 220 volt.

- Jika kumparan primer trafo memiliki 440 lilitan, berapakah jumlah lilitan yang dimiliki kumparan sekunder?
- Jika arus 110 mA mengalir melalui radio, berapakah arus yang ditarik dari catu daya 220 volt?

**Jawab:**

a. Dengan menggunakan **Persamaan (8.2)** diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{V_p}{V_s} &= \frac{N_p}{N_s} \Leftrightarrow \frac{220 \text{ V}}{9 \text{ V}} = \frac{440}{N_s} \\ \Leftrightarrow N_s &= \frac{9 \text{ V}}{220 \text{ V}} \times 440 \\ &= 18\end{aligned}$$

Jadi jumlah lilitan kumparan sekunder adalah 18 lilitan.

b. Dengan menggunakan **Persamaan (8.6)** diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{V_p}{V_s} &= \frac{I_s}{I_p} \Leftrightarrow \frac{220 \text{ V}}{9 \text{ V}} = \frac{110 \text{ mA}}{I_p} \\ \Leftrightarrow I_p &= \frac{9 \text{ V}}{220 \text{ V}} \times 110 \text{ mA} \\ &= 4,5 \text{ mA}\end{aligned}$$

Jadi arus yang mengalir pada kumparan primer adalah 4,5 mA.

Pada transformator energi listrik yang keluar selalu lebih kecil daripada energi listrik yang masuk. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Di kelas VII, kamu telah mempelajari hukum kekekalan energi. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi energi hanya dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Nah, hukum kekekalan energi ini juga berlaku pada transformator.

Pernahkah kamu menggunakan transformator? Ketika kamu selesai menggunakan transformator, coba kamu pegang bagian besi yang terisolasi. Apa yang kamu rasakan? Ketika kamu memegang bagian besi yang terisolasi setelah transformator digunakan, kamu akan merasakan panas. Hal ini membuktikan bahwa sebagian energi pada transformator diubah menjadi energi panas sehingga energi listrik yang keluar dari transformator selalu lebih kecil daripada energi yang masuk ke transformator. Timbulnya energi panas pada transformator tidak dapat dihindari.

Perbandingan antara daya listrik yang keluar dari transformator dan daya listrik yang masuk ke transformator disebut **efisiensi transformator**. Nilai efisiensi transformator dinyatakan dalam persentase. Efisiensi transformator dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% \dots\dots\dots (8.8)$$

**Keterangan:**

$\eta$  = efisiensi transformator

$P_s$  = daya listrik kumparan sekunder

$P_p$  = daya listrik kumparan primer



Karena daya listrik sama dengan hasil kali tegangan dan kuat arus listrik, efisiensi transformator dapat juga dinyatakan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{V_s \cdot I_s}{V_p \cdot I_p} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8.9)$$

**Keterangan:**

- $\eta$  = efisiensi transformator
- $V_s$  = tegangan sekunder (volt)
- $V_p$  = tegangan primer (volt)
- $I_s$  = arus pada kumparan sekunder (ampere)
- $I_p$  = arus pada kumparan primer (ampere)

**Contoh**

Sebuah transformator menghasilkan daya sebesar 180 watt. Berapakah efisiensi transformator tersebut jika daya masukannya sebesar 200 watt?

**Jawab:**

Dengan menggunakan **Persamaan (8.8)** diperoleh:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% = \frac{180}{200} \times 100\% = 90\%$$

Jadi efisiensi transformator tersebut adalah 90%.

## 2. Penggunaan Transformator

Setelah kamu memahami prinsip kerja transformator, tahukah kamu bagaimana penerapan prinsip transformator dalam kehidupan sehari-hari? Agar kamu memahaminya pelajailah uraian berikut dengan baik!

Transformator *step down* atau transformator yang tegangan sekundernya lebih kecil daripada tegangan primernya sering digunakan dalam alat-alat elektronik, seperti radio, televisi, CD player, *tape*, dan lain-lain. Alat-alat ini membutuhkan tegangan listrik cukup rendah, yaitu antara 3 V – 20 V arus searah (DC). Jika kamu perhatikan, alat-alat listrik tersebut sering dihubungkan langsung dengan listrik PLN yang mempunyai tegangan 220 V arus bolak-balik (AC). Mengapa peralatan tersebut tidak rusak/terbakar? Di dalam peralatan elektronik tersebut terdapat transformator *step down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik. Selain transformator, juga terdapat unit penyearah tegangan, sehingga arus bolak-balik (AC) pada listrik PLN dapat berubah menjadi arus searah (DC) yang diperlukan peralatan elektronik tersebut.



**Gambar 8.12** Peralatan elektronik komputer dan radio tape menggunakan transformator step down untuk menurunkan tegangan listrik.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Transformator *step up* atau transformator yang tegangan sekundernya lebih besar daripada tegangan primernya banyak digunakan dalam pesawat televisi atau monitor komputer untuk menghasilkan tegangan yang sangat tinggi. Tegangan ekstra tinggi ini diperlukan untuk mengaktifkan tabung sinar katoda (CRT). Jika CRT diberi tegangan ekstra tinggi, akan terpancar

elektron. Pancaran elektron yang terus menerus dengan intensitas yang berubah-ubah akan diterima pada layar pesawat televisi sebagai gambar bergerak.

Transformator *step up* juga digunakan pada lampu TL (lampu neon) untuk menaikkan tegangan listrik. Tegangan tinggi ini dihubungkan ke elektroda lampu TL diberi tahanan tinggi, akan terpancar elektron. Pancaran elektron akan menumbuk gas yang ada dalam tabung sehingga menghasilkan sinar ultra-violet. Sinar ini akan memancar ke segala arah dan menumbuk lapisan fosfor pada dinding kaca tabung, sehingga menghasilkan sinar putih yang terang.

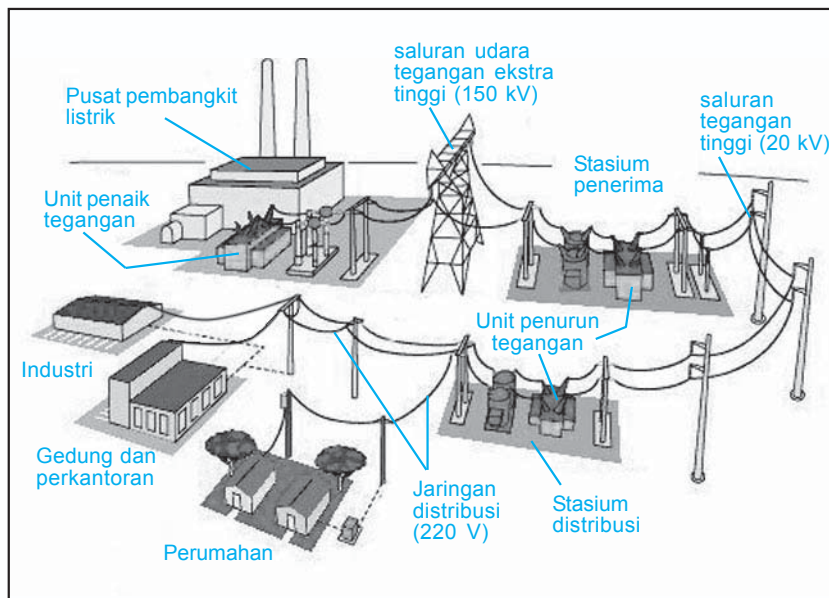
Pada kendaraan bermotor, transformator *step up* digunakan dalam koil untuk menaikkan tegangan listrik. Tegangan listrik ekstra tinggi ini disalurkan ke busi sehingga menghasilkan loncatan bunga api di dalam ruang bakar. Loncatan bunga api akan membakar bahan bakar yang telah dicampur dengan udara, sehingga timbul ledakan yang mendorong piston untuk bergerak. Gerakan piston kemudian diubah menjadi gerak berputar untuk menjalankan kendaraan bermotor.

Selain digunakan dalam alat elektronika, transformator juga sering digunakan dalam penyaluran listrik dari pusat pembangkit sampai ke rumah-rumah atau sering disebut transmisi daya listrik jarak jauh. Perhatikan **Gambar 8.14**!



**Gambar 8.13** Monitor komputer menggunakan transformator step up untuk menaikkan tegangan guna mengaktifkan tabung sinar katoda (CRT).

Sumber: Dokumen Penerbit



**Gambar 8.14** Diagram transmisi daya listrik jarak jauh.

Sumber: [imadudd1n.files.wordpress.com](http://imadudd1n.files.wordpress.com)

Pembangkit listrik umumnya terletak jauh dari perkotaan dan pemukiman. Di pusat pembangkit tenaga listrik, dihasilkan listrik dengan arus yang besar namun tegangannya tidak terlalu tinggi (sekitar 3.000 volt). Untuk keperluan transmisi listrik jarak jauh, tegangan listrik dinaikkan menggunakan trafo step-up menjadi 150.000 volt. Mengapa penyaluran listrik jarak jauh harus menggunakan tegangan tinggi?



**Gambar 8.15** Penyaluran listrik dari pusat pembangkit hingga ke rumah-rumah menggunakan kabel-kabel yang dibentangkan di udara.

Di negara kita, PLN menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit hingga ke rumah-rumah dengan menggunakan kabel-kabel yang dibentangkan di udara. Panjang kabel ini dapat mencapai ratusan kilometer. Hal ini dapat menimbulkan hambatan yang sangat besar sehingga energi listrik banyak yang hilang. Perhatikan **Gambar 8.15**!

Nah, untuk mengurangi hilangnya energi listrik, harus diusahakan agar arus listrik yang mengalir melalui kabel listrik sekecil mungkin. Untuk menghasilkan arus listrik yang kecil, pembangkit listrik harus menghasilkan tegangan yang besar. Hal ini sesuai dengan persamaan:

$$P = V \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{P}{V} \quad \text{..... (8.10)}$$

Daya yang hilang di perjalanan (transmisi) dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{\text{hilang}} = I^2 \times R \quad \text{..... (8.11)}$$

Dari **Persamaan (8.9)**, kamu dapat mengamati bahwa untuk mempertahankan daya listrik dan memperkecil arus listrik, maka tegangan listrik harus dinaikkan (karena nilai  $V$  berbanding terbalik dengan nilai  $I$ ). Berdasarkan uraian tersebut, maka PLN menyalurkan listrik setelah tegangannya dinaikkan menggunakan transformator *step up* agar arus listrik yang dialirkan kecil sehingga mengurangi energi yang hilang. Transformator ini menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh generator besar di pusat pembangkit menjadi sekitar 150.000 volt. Selain itu dapat memperkecil energi listrik yang hilang dalam perjalanan, arus listrik yang rendah dapat ditransmisikan melalui kawat yang kecil sehingga biaya pengadaan sarana transmisi listrik menjadi lebih murah. Listrik tegangan tinggi ini kemudian disalurkan menuju kota-kota yang letaknya jauh dari pusat pembangkit.



**Gambar 8.16** Unit penurun tegangan listrik PLN yang menyalurkan dan mengatur tegangan listrik dari pusat pembangkit untuk digunakan di perumahan dan perkantoran.

Sebelum masuk kota, tegangan listrik diturunkan kembali dengan menggunakan trafo *step-down* di gardu induk menjadi sebesar 20.000 volt. Sebelum disalurkan ke industri atau rumah tangga pelanggan, tegangan listrik kembali diturunkan dengan trafo *step-down* di gardu listrik menjadi sebesar 220 volt. Untuk keperluan menurunkan tegangan listrik ini diperlukan transformator *step down*.

## Tugas

Carilah pemanfaatan transformator *step up* dan transformator *step down* lainnya dalam kehidupan sehari-hari. Kamu dapat mencari informasinya melalui perpustakaan, koran-koran, majalah, dan internet! Informasi yang kamu peroleh dibuat dalam bentuk karya tulis, dan bacakan hasilnya di depan kelas!



## Latihan 8.2

1. Apakah transformator itu?
2. Jelaskan prinsip kerja transformator!
3. Sebuah transformator digunakan untuk mengubah 240 volt AC ke 12 volt AC. Jika kumparan primer transformator memiliki 1.000 lilitan, berapa jumlah lilitan yang diperlukan dalam kumparan sekunder?
4. Sebuah transformator memiliki 300 lilitan dalam kumparan primernya dan 75 lilitan dalam kumparan sekundernya. Jika arus dalam kumparan sekunder adalah 20 A, berapakah arus listrik dalam kumparan primer?
5. Jelaskan pemanfaatan transformator dalam menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke rumah-rumah!

## Rangkuman

- Gaya gerak listrik induksi atau ggl induksiBeda potensial yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan.
- Jadi, besar kecilnya ggl induksi bergantung pada tiga faktor berikut.
  - a. Banyaknya lilitan kumparan.
  - b. Kecepatan gerak keluar-masuk magnet ke dalam kumparan.
  - c. Kuat magnet batang yang digunakan.
- Generator adalah mesin yang mengubah energi kinetik atau energi gerak menjadi energi listrik. Ada dua jenis generator, yaitu generator arus bolak-balik yang disebut juga alternator dan generator arus searah.
- Generator arus bolak-balik menghasilkan arus bolak-balik yang dinamakan arus AC (*Alternating Current*), sedangkan Generator arus searah menghasilkan arus searah yang dinamakan arus DC (*Direct Current*)
- Transformator terdiri atas pasangan kumparan primer dan sekunder yang terpisah dan dililitkan pada inti besi lunak yang terbuat dari plat besi yang disusun berlapis-lapis. Pada transformator, perbandingan tegangan sama dengan perbandingan banyaknya lilitan.

Dirumuskan:  $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$

- Besar daya listrik pada kumparan primer dan kumparan sekunder suatu transformator adalah sebagai berikut.

Pada kumparan primer:  $P_p = V_p \cdot I_p$  dan pada kumparan sekunder:  $P_s = V_s \cdot I_s$
- Berdasarkan tegangan listrik yang dihasilkan, trafo dibedakan menjadi trafo *step up* dan trafo *step down*.
- Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya listrik yang keluar dari transformator dan daya listrik yang masuk ke transformator.

Dirumuskan:  $\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% = \frac{V_s \cdot I_s}{V_p \cdot I_p} \times 100\%$

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Induksi Elektromagnetik** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab IX, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian induksi elektromagnetik dan pengaruhnya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan faktor yang mempengaruhi besar induksi elektromagnetik?
3. Dapatkah kamu menyebutkan contoh-contoh alat yang bekerjanya memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik?
4. Apakah yang kamu ketahui tentang generator? Dapatkah kamu menyebutkan jenis-jenis generator dan menjelaskan cara kerjanya?
5. Apakah transformator itu? Dapatkah kamu menjelaskan cara kerjanya dan menghitung besar efisiensinya?

## Latih Kemampuan

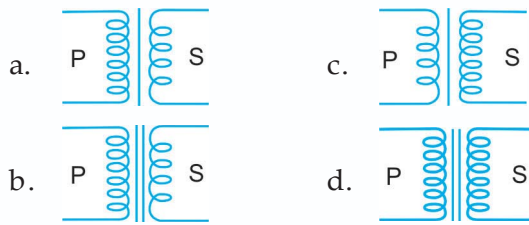
8

*Kerjakan di buku tugasmu!*

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Pembentukan arus listrik oleh suatu perubahan medan magnet disebut ....
  - a. induksi magnet
  - b. transformator
  - c. gaya elektromagnet
  - d. induksi elektromagnetik
2. Di bawah ini yang **bukan** kegunaan induksi elektromagnetik adalah ....
  - a. membangkitkan gaya gerak listrik induksi
  - b. mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah
  - c. menimbulkan arus induksi
  - d. mengubah energi gerak menjadi energi listrik
3. Alat yang tidak menggunakan prinsip induksi elektromagnetik adalah ....
  - a. alternator
  - b. dinamo
  - c. transformator
  - d. kapasitor
4. Pada generator terjadi perubahan energi ....
  - a. potensial menjadi energi listrik
  - b. panas menjadi energi listrik
  - c. gerak menjadi energi listrik
  - d. kimia menjadi energi listrik
5. Fungsi utama sebuah transformator *step up* adalah ....
  - a. mengubah arus DC ke arus AC
  - b. mengubah arus AC ke arus DC
  - c. meningkatkan arus listrik
  - d. meningkatkan tegangan listrik
6. Komponen yang **bukan** bagian dari sebuah generator adalah ....
  - a. medan magnet
  - b. cincin luncur
  - c. sikat-sikat
  - d. resistor
7. Kumparan yang didekati dan dijauhi magnet menghasilkan arus. Arus induksi yang muncul adalah ....
  - a. arus AC
  - b. arus DC
  - c. arus searah
  - d. tidak tentu
8. Ggl induksi yang diinduksikan dalam suatu kumparan kawat yang diputar dalam suatu medan magnet tidak bergantung pada ....
  - a. hambatan kumparan
  - b. kecepatan putaran
  - c. banyaknya lilitan kumparan
  - d. kuat medan magnetik

9. Pada gambar berikut ini yang merupakan simbol trafo *step up* adalah ....



10. Sebuah transformator sederhana memiliki 20 lilitan pada kumparan primer dan 80 lilitan pada kumparan sekunder. Jika kumparan primer diberi tegangan 4 V, tegangan pada kumparan sekunder adalah ....  
 a. 4 V  
 b. 16 V  
 c. 100 V  
 d. 240 V
11. Pada sebuah transformator, jumlah lilitan primer dan sekunder masing-masing 1.000 lilitan dan 250 lilitan. Jika kuat arus primer 0,5 A, maka besar kuat arus sekunder adalah ....  
 a. 2 A  
 b. 3 A  
 c. 4 A  
 d. 5 A
12. Sebuah transformator memiliki jumlah lilitan primer dua kali lebih banyak daripada lilitan sekunder, digunakan untuk mengubah 220 volt AC menjadi 110 volt AC. Jika arus dalam kumparan sekunder adalah 4 A, maka arus primer adalah ....

- a. 1 A  
 b. 2 A  
 c. 8 A  
 d. 16 A

13. Magnet batang yang dilewatkan melalui kumparan kawat, maka arus induksi dalam kumparan paling besar pada saat ....  
 a. magnet digerakkan dengan cepat dan berada dalam kumparan dalam waktu singkat  
 b. magnet digerakkan secara perlahan-lahan dan cukup lama berada dalam kumparan  
 c. kutub selatan magnet memasuki kumparan  
 d. kutub utara magnet memasuki kumparan
14. Perbandingan daya keluaran dan daya masukan transformator dinamakan ....  
 a. transformator ideal  
 b. efisiensi transformator  
 c. persentase daya  
 d. efektivitas transformator
15. Daya pada kumparan primer dari sebuah transformator *step up* adalah 300 watt. Jika daya pada kumparan sekunder 225 watt, efisiensi transformator tersebut adalah ....  
 a. 25%  
 b. 30%  
 c. 75%  
 d. 85%

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Apakah perbedaan antara generator AC dan generator DC?
- Jelaskan penyebab terjadinya induksi elektromagnetik!
- Sebuah transformator didesain untuk menghasilkan tegangan 12 V dari suatu catu daya 220 V. Transformator tersebut memiliki 1.200 lilitan pada kumparan primernya.
  - Berapakah jumlah lilitan pada kumparan sekunder?
  - Hitunglah kuat arus pada kumparan primer jika pada kumparan sekundernya mengalir arus sebesar 2A!
- Sebuah transformator digunakan untuk mengubah tegangan 220 V menjadi 110 V.
  - Termasuk jenis apakah transformator yang digunakan?
  - Hitung perbandingan jumlah lilitan primer dan lilitan sekundernya.
  - Jika jumlah lilitan primer 400, berapakah jumlah lilitan sekundernya?
- Jelaskan pemanfaatan transformator *step up* dan transformator *step down* dalam kehidupan sehari-hari!



### Generator “Pisang”

Para insinyur *University of Queensland* di Brisbane, Australia, mereka berharap dapat membangun sebuah pembangkit listrik berbahan bakar pisang. Ide itu muncul setelah mereka melihat berlimpahnya pisang yang baru dipanen. Pisang tersebut sebagian besar tidak dapat masuk toko buah karena ukurannya terlalu kecil.

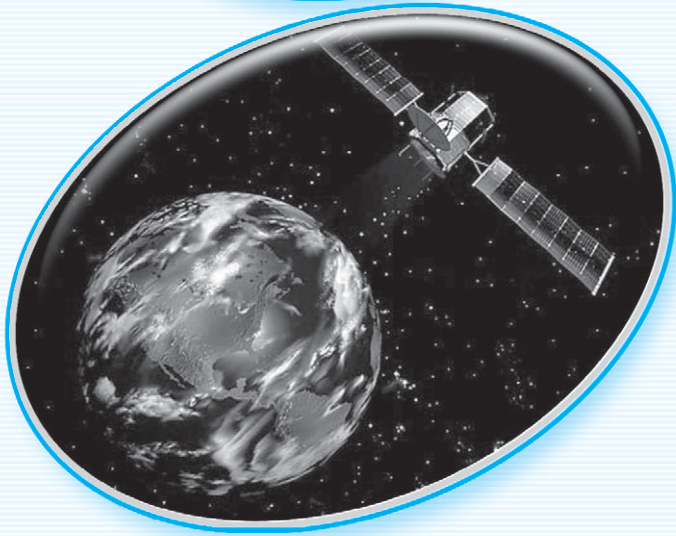
Bill Clarke, dosen teknik *University of Queensland* telah berhasil membangkitkan listrik dari pisang di laboratorium. Teknologi yang digunakan Clarke terbilang sederhana. Ia hanya memasukkan pisang-pisang ke dalam peti penampungan yang tertutup rapat. Pisang-pisang tersebut akan terdekomposisi sehingga menghasilkan gas metana. Kemudian gas yang dihasilkan menjadi sumber tenaga untuk turbin yang menghasilkan listrik.

Kelemahan teknologi ini adalah membutuhkan pisang yang banyak untuk menghasilkan sedikit listrik. Contohnya diperlukan 60 kg pisang untuk menyalakan alat elektronik rumah tangga sekitar 1.000 watt selama 30 jam. Untuk pengembangan komersial diperlukan pengujian lebih lanjut.

Sumber: *Koran Tempo*, Rabu 1 September 2004

# Bab IX

## Tata Surya

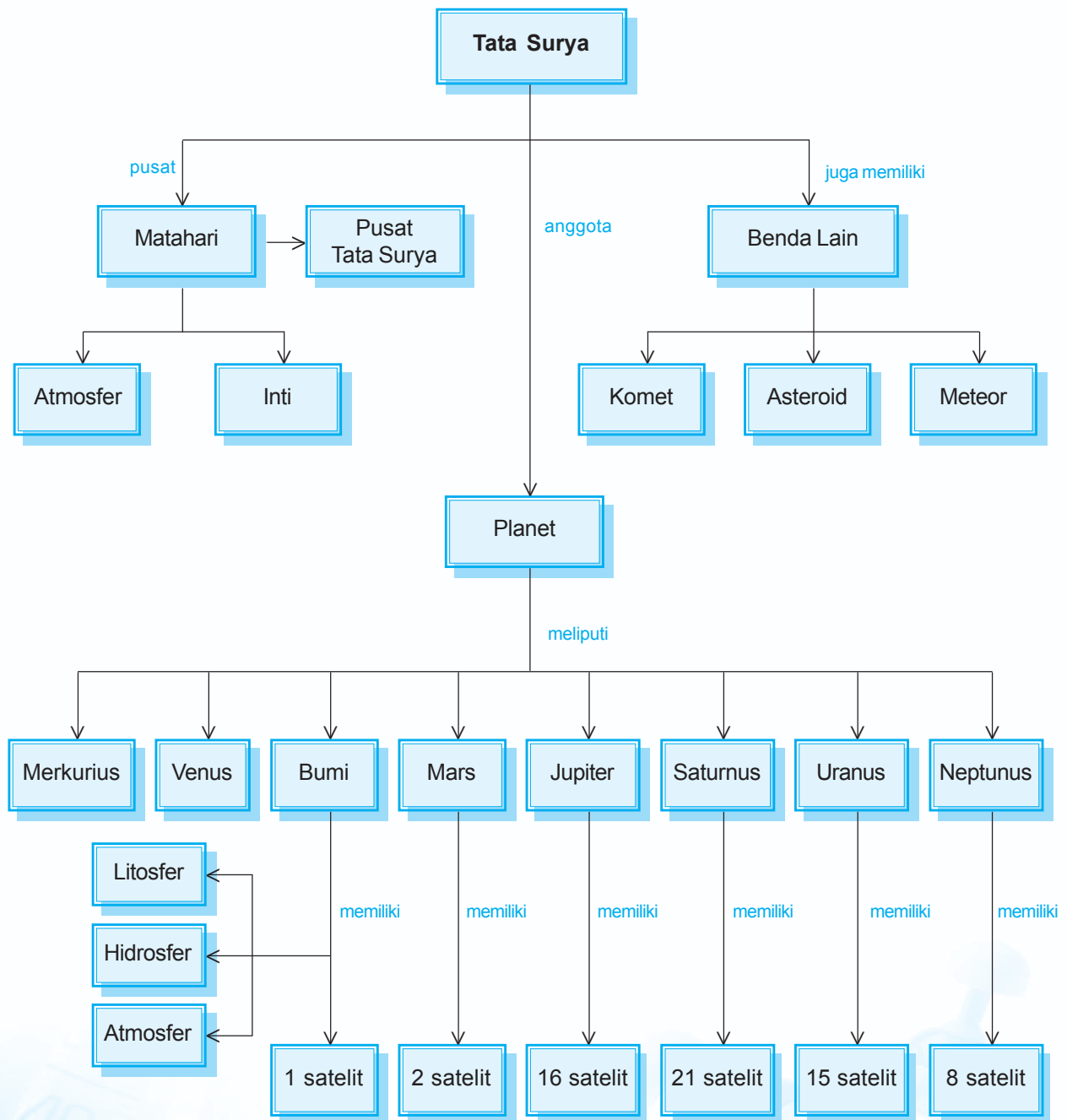


Matahari adalah sebuah bintang yang paling dekat dari bumi. Apakah peranan matahari dalam sistem tata surya kita? Mengapa semua planet mengitarinya?

Satelit dibuat manusia untuk berbagai keperluan. Seperti halnya bulan, satelit bergerak mengitari bumi. Bagaimana hal ini dapat terjadi? Apakah sebenarnya satelit itu?

Mari kita pahami sistem tata surya dan proses yang terjadi di dalamnya. Dalam pembelajaran bab ini, kamu dapat mendeskripsikan karakteristik sistem tata surya, matahari sebagai bintang, bumi sebagai planet, serta gerak edar planet dan satelit beserta pengaruh interaksinya.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- matahari
- planet
- tata surya





## A. Anggota Tata Surya

Seandainya kamu berada di dalam ruang angkasa yang jaraknya berjuta-juta kilometer, kamu akan melihat Bumi ini seperti bola kecil sekali yang bergerak mengelilingi sebuah bintang. Bintang tersebut adalah Matahari. Selain Bumi, terdapat planet-planet lain yang mengelilingi Matahari. Tidak hanya Bumi yang mengelilingi Matahari, tetapi planet-planet lain, satelit, asteroid, dan meteor juga mengelilingi Matahari. Semua benda-benda langit menjadi satu kesatuan dan membentuk sebuah sistem yang sangat teratur. Sistem ini disebut **tata surya**.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai benda-benda langit, mari kita pelajari apa saja yang menjadi anggota dari tata surya!

### Tugas 9.1

Selain Matahari, di alam semesta ini masih terdapat bintang-bintang yang lain. Sebutkan beberapa di antaranya! Carilah referensi buku di perpustakaanmu!

### 1. Matahari

Matahari adalah pusat tata surya. Matahari merupakan sebuah bintang yang paling dekat dengan bumi. Seperti bintang lainnya, Matahari merupakan sebuah benda panas yang tersusun oleh berbagai gas yang bertekanan tinggi.

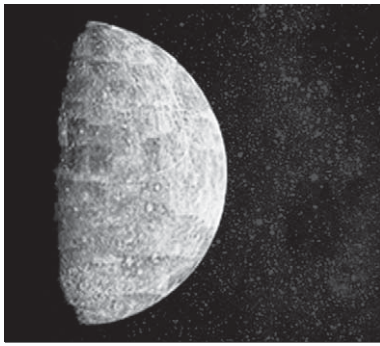
Dibandingkan dengan bintang-bintang lain dalam galaksi kita, ukuran Matahari adalah sedang. Namun demikian, Matahari adalah raksasa jika dibandingkan dengan planet yang terbesar sekali pun. Diameter Matahari 109 kali diameter Bumi, yaitu 1,4 juta km. Walaupun Matahari itu berbentuk gas, beratnya lebih dari 300.000 kali berat Bumi. Suhu permukaannya  $\pm 5.000^{\circ}\text{C}$ . Energi panas yang dipancarkan Matahari memungkinkan terjadinya kehidupan di Bumi. Selain itu, tanpa pemantulan cahaya Matahari, kita tidak dapat melihat anggota-anggota lain dari tata surya, kecuali komet dan meteor.



**Gambar 9.1** Matahari merupakan sumber energi utama di Bumi.

### 2. Planet

Planet-planet merupakan benda terbesar dalam tata surya setelah Matahari, kecuali beberapa satelit yang diameternya sebanding dengan planet Merkurius. Berdasarkan jarak planet-planet ini dari Matahari, planet-planet dapat diurutkan. Urutan planet itu adalah Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus.



**Gambar 9.2** Planet Merkurius.

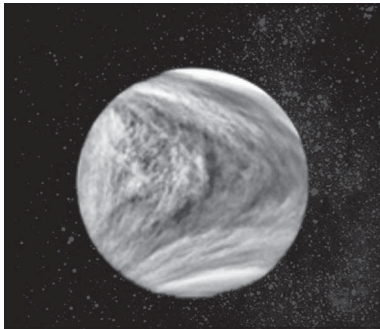
Sumber: Microsoft Encarta

#### a. Merkurius

Merkurius adalah planet yang paling dekat matahari. Dari planet ini, Matahari terlihat dua kali lebih besar daripada yang terlihat di Bumi. Permukaan Merkurius sangat panas dan kering. Suhu permukaan Merkurius dapat mencapai  $427^{\circ}\text{C}$  pada tengah hari dan  $-184^{\circ}\text{C}$  pada tengah malam. Permukaan Merkurius mempunyai sejumlah kawah atau lubang ledakan yang terjadi akibat tabrakan dengan meteor dan komet.

Gravitasi pada permukaan planet Merkurius adalah sekitar sepertiga gravitasi pada permukaan Bumi.

#### b. Venus



**Gambar 9.3** Planet Venus.

Sumber: Microsoft Encarta

Planet kedua dari Matahari adalah planet Venus. Walaupun jaraknya dari matahari dua kali jarak Merkurius, tetapi planet Venus adalah yang terpanas dalam tata surya. Lapisan atmosfer yang tebal seperti awan putih menyelubungi permukaannya. Awan putih ini terdiri dari karbon dioksida yang terjadi akibat pembakaran asam sulfat panas oleh gunung-gunung berapi. Awan ini menghalangi pemantulan panas Matahari, sehingga menyebabkan suhu menjadi sangat panas. Suhu siang hari dapat mencapai lebih dari  $500^{\circ}\text{C}$ .

Permukaan planet Venus terdiri dari dataran rendah yang rata dan dataran tinggi yang berbentuk oleh gunung api dan aliran lahar. Dipercaya bahwa gunung berapi terus meletus di planet ini.

Venus sering disebut bintang pagi atau bintang senja karena sering terlihat berkilauan dari bumi pada pagi atau senja hari.

#### c. Bumi



**Gambar 9.4** Planet Bumi.

Sumber: Microsoft Encarta

Planet ketiga dari Matahari adalah planet Bumi. Karena jaraknya dari matahari, adanya atmosfer yang bersifat melindungi, dan suatu campuran bahan kimia organik yang tepat mengakibatkan Bumi adalah satu-satunya planet dalam tata surya yang dapat mendukung kehidupan.

Bumi juga satu-satunya planet mempunyai unsur (seperti air) yang dapat berupa gas, cairan, dan padat. Bumi adalah suatu planet yang dinamis, yang secara konstan mendaur ulang dirinya sendiri.

#### d. Mars



**Gambar 9.5** Planet Mars.

Sumber: Microsoft Encarta

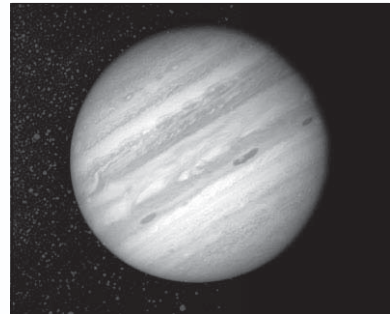
Planet Mars adalah planet keempat dari matahari. Besar planet ini setengah dari ukuran Bumi. Satu hari di Mars hampir sama lamanya dengan satu hari di Bumi. Mars mempunyai dua bulan yang mungkin dapat menangkap asteroids. Belahan selatannya adalah suatu permukaan tua yang stabil dengan banyak orang kawah atau lubang ledakan, sedangkan belahan utaranya menjaga arus lahar dari gunung berapi dahsyat yang paling besar dalam sistem tata surya.

Planet Mars adalah planet yang paling mirip dengan Bumi, sehingga para ilmuwan terus melakukan serangkaian penelitian apakah memungkinkan bagi manusia untuk hidup di planet ini.

#### e. Jupiter

Planet kelima dari matahari adalah Jupiter, yang merupakan planet paling besar dalam tata surya. Ukuran planet Jupiter dua kali dari gabungan semua planet lain dalam tata surya. Atmosfer Jupiter terdiri dari hidrogen dan helium, serta mempunyai awan dari amoniak dan kristal es.

Sistem Jupiter dan satelit-satelitnya menyerupai miniatur tata surya. Planet Jupiter mempunyai hari yang paling pendek dibanding planet-planet lain karena periode rotasi planet Jupiter ini hanya kurang lebih 10 jam. Malam hari pada planet Jupiter adalah jauh dari gelap, langit terlihat terang oleh banyaknya bulan.



**Gambar 9.6** Planet Jupiter.

Sumber: Microsoft Encarta

#### f. Saturnus

Planet Saturnus adalah planet keenam dari matahari. Planet ini dikelilingi oleh beribu-ribu cincin yang terbentuk dari partikel-partikel es dan batu karang yang kecil yang diperkirakan merupakan bekas peninggalan dari suatu satelit terdahulu yang telah hancur oleh suatu benturan dengan satelit yang lain.

Dalam tata surya, planet Saturnus mempunyai urutan kedua terbesar setelah planet Jupiter. Meskipun demikian, kepadatan planet Saturnus sangat rendah sedemikian hingga planet dahsyat ini bisa mengapung di atas air. Hal ini diperkirakan karena planet Saturnus berisi kebanyakan gas helium dan hidrogen. Planet ini juga dapat menghasilkan panas sendiri akibat sparasi gas.



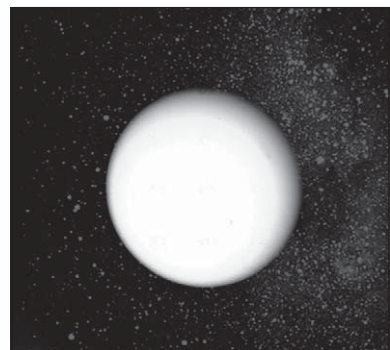
**Gambar 9.7** Planet Saturnus.

Sumber: Microsoft Encarta

#### g. Uranus

Planet Uranus adalah urutan ketujuh dari Matahari. Yang membedakan planet Uranus dari planet-planet yang lain adalah bahwa salah satu kutubnya menghadap ke Matahari. Satu teori menyatakan bahwa hal ini diakibatkan planet Uranus ditabrak oleh suatu objek besar, sehingga bergeser ke sisinya. Sedangkan objek yang menabraknya hancur dan bekas peninggalannya membentuk awan uap air batu-batu di sekitar Uranus yang membentuk cincin tipis.

Ada teori lain yang menyatakan bahwa cincin tipis yang menyelubungi planet Uranus terbentuk akibat salah satu satelinya dihantam oleh meteor. Seperti Neptunus, kebanyakan dari Uranus adalah suatu samudra air yang kotor yang tecampur gas metana dan amoniak. Atmosfernya yang terdiri dari helium dan hidrogen memperlihatkan suatu jejak gas metana yang memberi warna hijau kebiru-biruan pada planet ini.

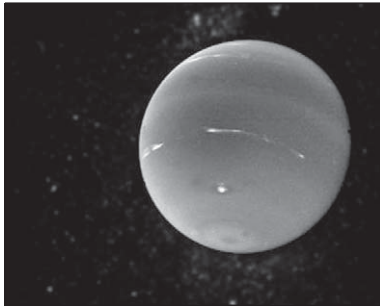


**Gambar 9.8** Planet Uranus.

Sumber: Microsoft Encarta



## h. Neptunus



**Gambar 9.9** Planet Neptunus.

**Sumber:** Microsoft Encarta

Planet tejauh dari Matahari adalah Neptunus. Keadaan planet Neptunus hampir sama dengan planet Uranus. Kedua planet ini sering disebut planet kembar. Neptunus adalah planet dalam tata surya yang paling berangin. Pada planet ini dapat terjadi badai sangat besar yang mencapai sepuluh kali kekuatan suatu angin topan di Bumi, hampir cukup untuk memecahkan tembok suara. Apa yang menyebabkan badai besar ini menjadi salah satu misteri yang besar dari planet Neptunus.

Ukuran planet Neptunus empat kali ukuran Bumi dan sedikit lebih kecil dibanding planet Uranus. Pada planet Neptunus mungkin tidak terdapat batasan-batasan antara lapisan-lapisannya. Planet ini mempunyai suatu inti yang kecil dari batu karang dan dikelilingi oleh suatu samudra bercampur dengan lumpur dan material berbatu. Atmosfernya yang terdiri dari helium dan hidrogen. Seperti pada Uranus, sedikit gas metana memberikan warna hijau kebiru-biruan pada planet ini.

Sebelum tanggal 15 Agustus 2006, satu lagi benda langit yang dipercaya sebagai planet dalam sistem tata surya adalah Pluto. Dahulu Pluto dikenal sebagai planet yang paling kecil dan paling jauh dari Matahari. Tetapi, berdasarkan keputusan akhir sidang umum IAU (*International Astronomical Union*) ke-26 yang diselenggarakan di kota Praha, Republik Ceko, Pluto bukan lagi dianggap sebagai planet. Para ahli yang mengikuti sidang umum tersebut menganggap Pluto sebagai objek trans-Neptunian, bukan sebagai planet dalam tata surya.

Gerakan planet-planet mengitari Matahari disebabkan oleh adanya gaya gravitasi. Secara umum, **hukum gravitasi** mengatakan bahwa benda-benda yang memiliki massa akan tarik-menarik yang besarnya berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Semakin besar jaraknya semakin kecil gaya tariknya dan semakin kecil jaraknya semakin besar gaya tariknya. Gaya gravitasi Matahari dirumuskan sebagai berikut.

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \quad \text{..... (9.1)}$$

### Keterangan:

$G$  = konstanta gravitasi

$m$  = massa planet

$M$  = massa Matahari

$r$  = jarak planet dengan Matahari

$F$  = gaya gravitasi Matahari

Gaya gravitasi Matahari mampu membuat lintasan planet berbentuk elips. Perhatikan gambar lintasan-lintasan planet di dalam tata surya. Untuk memahami perbandingan antarplanet, perhatikan **Tabel 9.1**.

**Tabel 8.1** Tabel data perbandingan planet-planet berdasarkan jari-jari dan jarak rata-rata ke Matahari.

Planet	Diameter Rata-Rata (km)	Jarak Rata-Rata dari Matahari (km)	Massa (kg)	Periode Rotasi	Periode Revolusi
Merkurius	4.862	58 juta	$3,29 \times 10^{23}$	59 hari	88 hari
Venus	12.190	108 juta	$4,90 \times 10^{24}$	–243 hari	225 hari
Bumi	12.725	149,6 juta	$5,98 \times 10^{24}$	23,9 jam	365 hari
Mars	6.780	228 juta	$6,58 \times 10^{23}$	24,6 jam	687 hari
Jupiter	142.860	779 juta	$1,90 \times 10^{27}$	9,8 jam	11,9 tahun
Saturnus	120.000	1.428 juta	$5,68 \times 10^{26}$	10,2 jam	29,5 tahun
Uranus	50.100	2.875 juta	$8,97 \times 10^{25}$	–10,8 jam	84 tahun
Neptunus	48.600	4.500 juta	$1,02 \times 10^{26}$	15,8 jam	164,8 tahun

Setiap planet mengitari Matahari dalam sebuah lintasan elips yang disebut orbit planet. Orbit segenap planet hampir pada bidang yang sama.

**Johannes Kepler** (1571–1630) telah meneliti gerak planet-planet dalam mengelilingi Matahari, kemudian merumuskannya dalam Hukum Kepler.

#### Hukum I Kepler

Lintasan setiap planet berbentuk elips dan Matahari terletak di salah satu fokus elips.

#### Hukum II Kepler

Dalam waktu yang sama, planet menempuh bidang yang luasnya sama.

#### Hukum III Kepler

Kuadrat periode revolusi planet berbanding lurus dengan pangkat tiga jarak planet terhadap Matahari.



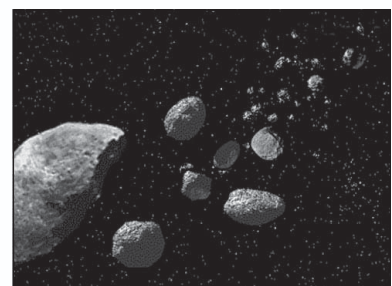
**Gambar 9.10** Johannes Kepler.

Sumber: Microsoft Encarta

### 3. Asteroid

Menurut **Titus Bode**, ada daerah kosong antara Mars dan Jupiter. Para ahli astronomi pada masa Bode yakin bahwa ada sebuah planet yang belum diketahui di antara kedua benda itu. Untuk menelitinya, pada tanggal 1 Januari 1801, seorang ahli astronomi Italia, **Giuseppi Piazzi** menemukan sebuah benda langit dalam ruang angkasa di antara orbit Mars dan Jupiter. Kemudian, benda ini dinamakan Ceres yang diketahui mempunyai diameter sekitar 1.000 km. Lambat laun daerah kosong di antara Mars dan Jupiter ditemukan benda-benda kecil lain yang mirip planet.

Sekarang telah ditemukan lebih dari seribu benda-benda kecil seperti ini dan ditaksir seluruhnya lebih dari 5.000 buah. Benda langit ini dikenal sebagai planet kecil atau asteroid.



**Gambar 9.11** Benda-benda kecil atau asteroid yang jumlahnya ribuan.

#### 4. Komet



**Gambar 9.12** Komet Halley terlihat dari Bumi setiap 76 tahun sekali. Ekor komet selalu menjauhi Matahari.

Di antara berbagai anggota keluarga Matahari yang paling aneh ialah komet. Komet tidak tunduk pada berbagai hukum yang menguasai kesembilan planet dan beribu-ribu asteroid. Komet bukannya bergerak di dalam orbit yang hampir sirkuler pada arah yang tunggal, tetapi berputar sekeliling Matahari dalam bentuk elips yang memanjang luar biasa dan ke setiap arah. Komet berada sedemikian jauh dari Matahari sehingga tidak kelihatan meskipun dengan menggunakan teleskop terbesar yang dimiliki manusia. Dahulu, orang menganggap bahwa beberapa komet berasal jauh dari luar tata surya, kemudian mendekati Matahari dan ketika meninggalkan Matahari komet tidak akan kembali lagi. Sekarang, secara umum telah disepakati bahwa komet termasuk anggota keluarga Matahari.

Pada saat mula-mula ditemukan, komet biasanya tampak sebagai benda yang suram dan terpecar. Pusatnya merupakan bagian yang terpadat. Bagian padat ini disebut sebagai **inti**. Daerah mirip tudung yang mengelilingi inti disebut **koma**. Pada saat komet mendekati Matahari, koma menjadi lebih cerah. Pada jarak sekitar 160 juta km dari Matahari, beberapa komet menunjukkan zat berkabut yang mengalir dan menjauhi Matahari serta membentuk ekor. Ekor ini tampak terdiri atas gas yang sangat tipis yang bersinar dengan menyerap dan memantulkan cahaya Matahari yang jatuh di atasnya. Komet dipaksa menjauhi Matahari oleh tekanan angin Matahari. Banyak komet tidak pernah mengembangkan ekor. Komet-komet itu akan tetap menjadi benda yang kabur.

#### 5. Meteor



**Gambar 9.13** Meteorit.

Orang percaya bahwa komet mungkin pecah menjadi partikel-partikel yang kadang-kadang terlihat memasuki atmosfer Bumi sebagai meteor. Besar meteor berkisar dari pecahan yang tidak lebih besar dari kepala jarum sampai batu raksasa yang beratnya berton-ton. Kamu dapat mengetahui adanya meteor dengan melihat cahaya cerah yang dihasilkan oleh benturan meteor dengan atmosfer Bumi. Kebanyakan meteor hancur setelah membentur atmosfer. Namun beberapa di antaranya mendarat di Bumi dan disebut meteorit.

#### 6. Satelit

Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus mempunyai satelit atau bulan yang berputar mengelilingi planet-planet tersebut. Dari hasil pengamatan para astronom baru-baru ini, mungkin Pluto mempunyai satelit.

Jumlah satelit setiap planet berbeda-beda. Perhatikan satelit alamiah dari planet-planet di tata surya pada **Tabel 9.2!**



**Tabel 9.2** Daftar nama dan jumlah satelit alamiah dalam tata surya.

No	Planet	Nama Satelit	Jumlah Satelit
1	Merkurius	-	0
2	Venus	-	0
3	Bumi	Bulan	1
4	Mars	Phobos dan Demos	2
5	Jupiter	Metis, Andrastea, Almathea, Thebe, Io, Europa, Ganymede, Calistio, Leda, Himalia, Lysithea, Elara, Aananke, Carme, Pasiphea, Sinope, dan 3 lagi belum ada namanya.	16
6	Saturnus	Atlas, 1980 S27, 1980 S26, Euphemetheus, Janus, Mimas, Coorbital, Encelandus, Tethys, Telesto, Calypso, Dione, Dione coorbital, 1980 S5, 1980 S6, Rhea, Titan, Hyperion, Lapetus, Phoebe.	21
7	Uranus	Ariel, Umbriel, Titania, Oberon, Miranda, Puck, Cordelia, Ophelia, Bianca, Cresida, Desemona, Juliet, Portia, Rosalin, Belinda.	15
8	Neptunus	Triton, Nereid, Naiad, Thalasa, Despina, Galatea, Larissa, Proteus.	8

### Latihan 9.1

- Apa yang dimaksud tata surya?
  - Sebutkan benda-benda langit anggota tata surya!
- Jelaskan hubungan antara gravitasi Matahari dengan jarak planet ke Matahari!
  - Mengapa planet-planet beredar mengelilingi Matahari?
- Mengapa Matahari digolongkan sebagai bintang?
  - Dari mana Matahari memperoleh energinya?
  - Sebutkan dan jelaskan lapisan-lapisan Matahari!
- Jelaskan terjadinya siang dan malam!
  - Jelaskan peranan Matahari dalam kehidupan di Bumi!
- Mengapa beberapa bintang yang sebenarnya lebih besar daripada Matahari tetapi tidak terlihat?



## B. Matahari

Di subbab sebelumnya telah disinggung mengenai Matahari. Matahari merupakan sebuah bintang dan pusat tata surya. Bintang adalah benda langit yang memiliki cahaya sendiri. Planet-planet tidak disebut bintang karena planet-planet tidak mempunyai cahaya sendiri. Jika planet-planet tampak bercahaya, cahaya tersebut merupakan pantulan dari Matahari.

Ukuran matahari sebagai sebuah bintang dalam galaksi tergolong sedang saja. Banyak bintang lain yang ternyata lebih besar, lebih berat, lebih panas, dan lebih cerah daripada Matahari. Matahari tampak jauh lebih besar dan lebih cerah karena letaknya jauh lebih dekat pada Bumi daripada bintang lainnya. Jarak Matahari dari Bumi kira-kira 149.600.000 km. Matahari merupakan bintang yang paling dekat dengan Bumi. Sebagai perbandingan adalah bintang Alpha Centauri yang jaraknya  $4 \times 10^{13}$  km.

### 1. Energi Matahari

Sumber energi Matahari berasal dari reaksi fusi, yaitu penggabungan inti-inti atom Hidrogen membentuk inti-inti atom Helium. Akibat reaksi kimia pada inti Matahari, maka terjadi pengurangan massa Matahari yang berubah menjadi energi Matahari. Oleh **Albert Einstein**, besarnya energi dirumuskan:

$$E = m \times c^2 \quad \dots\dots\dots (9.2)$$

**Keterangan:**

$E$  = energi Matahari (joule)

$m$  = massa yang hilang (kg)

$c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

Energi Matahari ini dipancarkan ke segala arah. Bumi memperoleh sumber kehidupan dari Matahari. Tidak mungkin di Bumi ada kehidupan tanpa adanya energi Matahari. Oleh karena itu Matahari merupakan sumber energi Bumi.

### 2. Lapisan-Lapisan Matahari

Matahari tersusun oleh beberapa daerah yang berbeda, yaitu atmosfer Matahari, fotosfer, dan inti Matahari. Atmosfer Matahari terdiri atas dua lapisan. Lapisan sebelah dalam disebut **kromosfer** atau **bola warna**. Lapisan ini menjulang sejauh 12.000 km di atas permukaan Matahari. Lapisan atas atau sebelah luar terdapat **korona** atau **mahkota**. Korona ini membentuk lingkaran cahaya putih indah yang mengelilingi keseluruhan Matahari dan menyorotkan pita cahaya yang panjangnya berjuta-juta kilometer ke arah ruang angkasa.

#### Info Sains

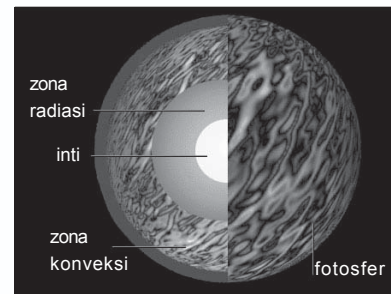
##### Dapatkah mencapai Matahari?

Untuk saat ini, tidak mungkin manusia dapat mencapai Matahari mengingat jarak Matahari yang sangat jauh. Diperlukan bahan bakar yang sangat banyak pergi dan pulang ke Matahari. Selain itu, suhu Matahari pun sangat tinggi. Tidak ada benda berbentuk padat di Bumi yang tahan dengan panas di Matahari.

Kita biasanya tidak dapat melihat kromosfer dan korona. Efek atmosfer kita sendiri serta cahaya yang menyilaukan dari fotosfer merintangi kita untuk melihatnya. Akan tetapi, ketika terjadi gerhana Matahari total, atmosfer Matahari akan terlihat.

Untuk mengamati korona, kamu tidak harus menunggu saat gerhana. Kamu dapat melihatnya melalui sebuah teleskop khusus yang disebut **koronagraf** yang dapat menghasilkan suatu gerhana Matahari buatan.

**Fotosfer** merupakan lapisan yang menyelubungi lapisan inti Matahari. Suhu pada lapisan ini  $\pm 6.000^{\circ}\text{C}$ . Inti Matahari merupakan lapisan terdalam, tempat berlangsungnya reaksi inti.



**Gambar 9.14** Lapisan-lapisan Matahari.

### Latihan 9.2

1. Mengapa Matahari digolongkan sebagai bintang?
2. Dari mana Matahari memperoleh energinya?
3. Sebutkan dan jelaskan lapisan-lapisan Matahari!
4. Mengapa beberapa bintang yang sebenarnya lebih besar daripada Matahari tetapi tidak terlihat?
5. Jelaskan peranan Matahari dalam kehidupan di Bumi!

## C. Bumi

Kamu pasti sering mendengar bahwa Bumi itu bulat. Sebenarnya bentuk Bumi tidak bulat sempurna, tetapi pepat pada kedua kutubnya dan agak menggembung di sekitar khatulistiwa.

Diameter Bumi dari kutub utara ke kutub selatan adalah 12.700 km, sedangkan diameter sepanjang ekuator adalah 12.750 km. Perbedaan panjang 50 km ini sangat kecil. Jika Bumi digambarkan dengan sebuah bola yang berdiameter 18 cm, jari-jari kutub, yaitu jarak garis lurus dari pusat Bumi ke salah satu kutub hanya akan berkurang  $\frac{1}{32}$  cm dari jari-jari ekuator, yaitu jarak garis lurus dari pusat ke sebuah titik pada ekuator Bumi.

Untuk lebih memahami mengenai Bumi dan hal-hal yang berkaitan dengan Bumi, mari kita pelajari uraian berikut!

### 1. Bagian-Bagian Bumi

Bumi terdiri atas tiga bagian, yaitu udara, air, dan bagian padat atau seperti yang dikatakan seorang ilmuwan, atmosfer, hidrosfer, dan litosfer.



**Atmosfer** adalah udara yang mengelilingi Bumi, terdiri atas sekitar 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% gas-gas lain, termasuk uap air, debu, dan karbon dioksida.

Lapisan bawah dari selubung udara adalah troposfer. Dalam bahasa Yunani *tropos* berarti "berubah". Troposfer merupakan daerah tempat perubahan-perubahan besar terjadi yaitu suhu, tekanan, dan kadar uap air. Walaupun sebagian besar perubahan atmosfer relatif terjadi di dekat Bumi, troposfer meluas sampai suatu ketinggian sekitar 10 km. Pada batas luar troposfer terdapat zona pemisah antara troposfer dan lapisan lainnya.

Lapisan selanjutnya adalah stratosfer yang merupakan zona angin aneh yang dikenal sebagai aliran jet. Pada aliran jet ini aliran udara sangat kuat dan bergerak cepat, dapat mencapai kecepatan 400 km/jam. Suhu di dalam stratosfer naik dari tingkat bawah  $-60^{\circ}\text{C}$  pada ketinggian 10 km sampai ke tingkat atas  $0^{\circ}\text{C}$  pada ketinggian 40 km.

Lapisan selanjutnya adalah termosfer. Daerah udaranya sangat tipis karena terbuka oleh radiasi dari ruang angkasa dan Matahari. Pada ketinggian 400 km atau lebih terdapat eksosfer yang dipandang sebagai pinggir atmosfer yang paling luar.

## 2. Rotasi dan Revolusi Bumi

Bumi melakukan dua rotasi sekaligus, yaitu rotasi terhadap sumbunya dan rotasi terhadap Matahari (disebut revolusi Bumi). Kamu tidak dapat merasakan rotasi Bumi ini karena adanya gaya gravitasi Bumi. Arah rotasi Bumi adalah dari barat ke timur. Waktu yang diperlukan Bumi untuk melakukan rotasi pada sumbunya yaitu 1 hari atau 23 jam 56 menit 4,09 detik, kemudian dibulatkan menjadi 24 jam.

Rotasi Bumi menyebabkan berbagai peristiwa. Di antaranya adalah menyebabkan terjadinya siang dan malam, gerak semu harian benda langit, terjadi pemampatan bentuk Bumi di daerah kutub dan penggembungan di daerah ekuator, pembelokan arah angin, menyebabkan terjadinya perbedaan waktu untuk tempat-tempat yang berbeda derajat bujurnya.

Revolusi Bumi adalah gerak Bumi mengelilingi Matahari. Periode revolusi Bumi adalah 1 tahun, yaitu 365,25 hari atau  $365 \frac{1}{4}$  hari. Revolusi Bumi menyebabkan beberapa peristiwa, yaitu gerak semu Matahari, pergantian musim, perubahan lamanya siang dan malam, dan terlihatnya rasi bintang yang berbeda-beda dari bulan ke bulan.

Ketika berevolusi, Bumi tidak tegak lurus terhadap bidang ekliptika, melainkan miring dengan arah yang sama dan membentuk sudut  $23,5^{\circ}$ . Oleh karena itu terdapat empat kedudukan Bumi pada orbitnya, yaitu sebagai berikut

- Tanggal 21 Maret sampai dengan 21 Juni. Kutub utara Bumi makin condong ke arah Matahari, sedangkan kutub selatan Bumi makin condong menjauhi Matahari. Akibatnya, belahan Bumi utara mengalami musim semi, sedangkan belahan Bumi selatan mengalami musim gugur.



**Gambar 9.15** Poros Bumi miring  $23,5^{\circ}$  terhadap garis tegak lurus bidang orbit (ekliptika).

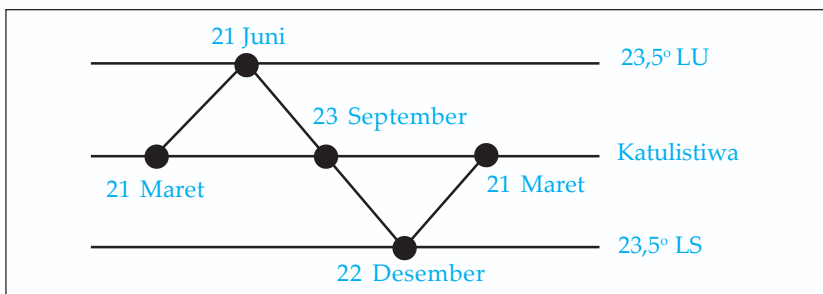
- b. Tanggal 21 Juni sampai dengan 23 September. Kutub selatan menjauhi Matahari, sedangkan kutub utara makin dekat dengan Matahari. Matahari tidak terbenam selama 24 jam di kutub utara, sedangkan kutub selatan tetap malam sepanjang hari. Akibatnya, belahan Bumi utara mengalami musim panas, sedangkan belahan Bumi selatan mengalami musim dingin.
- c. Tanggal 23 September sampai dengan 22 Desember. Belahan Bumi utara mengalami siang lebih lama daripada malamnya, sedangkan di kutub selatan sebaliknya. Kutub utara Bumi condong menjauhi Matahari sehingga mengalami musim gugur, sedangkan kutub selatan makin condong ke Matahari sehingga mengalami musim semi.
- d. Tanggal 22 Desember sampai dengan 21 Maret. Kutub selatan makin condong ke arah Matahari sehingga mengalami musim panas. Sebaliknya, kutub utara mengalami musim dingin karena letaknya makin jauh dari Matahari.

Perubahan kedudukan Bumi terhadap orbitnya mengakibatkan terjadinya pergantian musim seperti yang dijelaskan di atas. Perbedaan musim di belahan Bumi dirangkum pada **Tabel 9.3**.

**Tabel 9.3** Perbedaan empat musim di belahan Bumi

Waktu	Belahan Bumi Utara	Belahan Bumi Selatan
21 Maret – 21 Juni	Musim semi	Musim gugur
21 Juni – 23 Sep	Musim panas	Musim dingin
23 Sep – 22 Des	Musim gugur	Musim semi
22 Des – 21 Maret	Musim dingin	Musim panas

Kedudukan Matahari setiap tahunnya seolah-olah bergeser dari katulistiwa (21 Maret) ke garis balik utara, yaitu  $23,5^\circ$  LU (21 Juni), kemudian kembali ke katulistiwa (23 September), menuju ke garis balik selatan  $23,5^\circ$  LS (22 Desember) dan akhirnya kembali lagi ke katulistiwa (21 Maret). Gerak inilah yang disebut gerak semu Matahari.



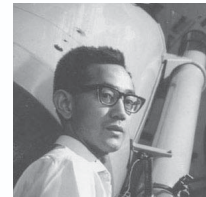
**Gambar 9.16** Diagram gerak semu matahari tahunan.

### 3. Satelit Bumi (Bulan)

Telah disinggung sebelumnya bahwa Bumi mempunyai sebuah satelit yaitu Bulan. Bulan mengelilingi Bumi pada suatu orbit. Bulan merupakan benda langit terdekat dari Bumi.

## Tokoh Sains

### Bambang Hidayat



Prof. Dr. Bambang Hidayat (lahir di Kudus, Jawa Tengah, pada 18 September 1934), adalah seorang astronom Indonesia. Pendidikan menengah dilaluinya di SMP II Semarang dan SMA Bag. B Semarang. Bambang masuk FMIPA UI di Bandung tahun 1953. Pada tahun 1954 Bambang diangkat menjadi asisten pengamatan bintang ganda visual menggunakan teropong Zeiss Besar, di Observatorium Bosscha, Lembang. Pada tahun 60-an, Bambang ikut memasang teropong jenis mutakhir pada saat itu, yakni teropong tipe Schmidt di Lembang. Pada tahun 1968, Bambang diberi kehormatan untuk dapat memimpin Observatorium Bosscha dan Departemen Astronomi ITB. Tahun 1983 atas penunjukan Menteri Negara Riset dan Teknologi, Kepala BPPT, Prof. Habibie, Bambang ditugasi menjabat sebagai ketua panitia nasional pengembangan elektronika antariksa dan teleskop radio.

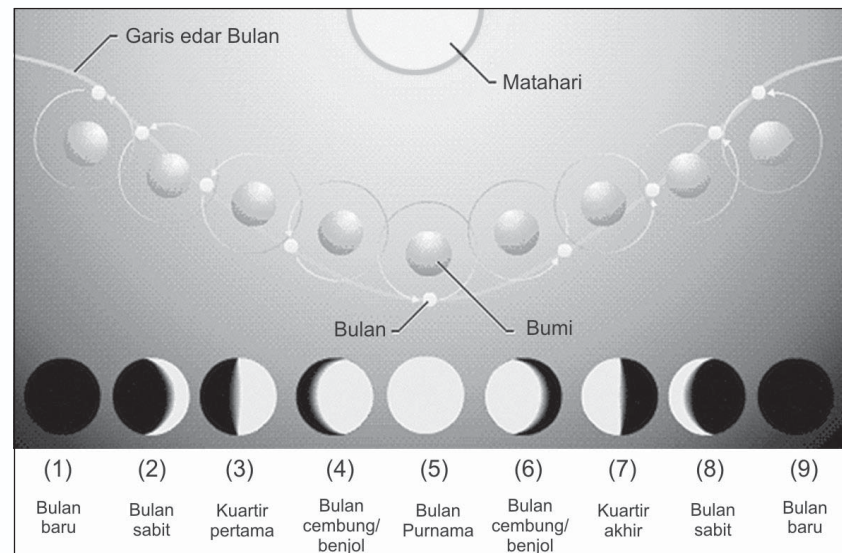


**Gambar 9.17** Bulan, satelit Bumi.

Berbeda dengan Bumi, Bulan tidak mempunyai atmosfer sehingga permukaan Bulan berhubungan langsung dengan luar angkasa. Oleh karena itu di Bulan tidak ditemukan kehidupan karena tidak tersedianya udara dan air.

Dalam peredarannya, Bulan melakukan tiga gerakan sekaligus yaitu rotasi, revolusi, dan bersama-sama dengan Bumi mengitari Matahari. Periode rotasinya sama dengan periode revolusinya. Rotasi Bulan memiliki dua macam periode. Periode pertama adalah **periode sideris/bulan sideris**, periode ini mengacu ke satu bintang jauh selain Matahari. Satu bulan sideris kira-kira 27,3 hari. Periode kedua adalah **periode sinodis** yang mengacu ke Matahari. Satu bulan sinodis kira-kira 29,5 hari.

Amati Bulan setiap hari pada malam hari, maka kamu akan melihat bentuk bulan yang berubah-ubah setiap malam. Bentuk bulan yang tampak berbeda ketika kamu lihat dari Bumi disebut fase Bulan. Kedudukan Bulan selama berevolusi dapat kamu amati pada **Gambar 9.18** berikut ini.



**Gambar 9.18** Fase Bulan yang berubah setiap hari.

**Sumber:** Microsoft Encarta 2006

#### a. Kedudukan 1

Saat kedudukan Matahari, Bulan, dan Bumi dalam satu garis lurus. Bagian Bulan yang menghadap Bumi tidak mendapat sinar Matahari sehingga Bulan tidak dapat dilihat. Kedudukan ini disebut Bulan baru/Bulan muda.

#### b. Kedudukan 2

Sepuluh bagian Bulan yang menghadap Bumi hanya kira-kira seperempatnya yang terkena sinar Matahari, sehingga yang terlihat Bulan berbentuk sabit yang disebut Bulan sabit.

#### c. Kedudukan 3

Sepuluh bagian Bulan yang menghadap Bumi, kira-kira setengahnya terkena sinar Matahari, sehingga Bulan tampak setengah lingkaran. Kedudukan ini disebut kuartir pertama.



#### d. Kedudukan 4

Sepuluh bagian Bulan yang menghadap Bumi, kira-kira tiga perempatnya terkena sinar Matahari, sehingga yang terlihat Bulan berbentuk cembung.

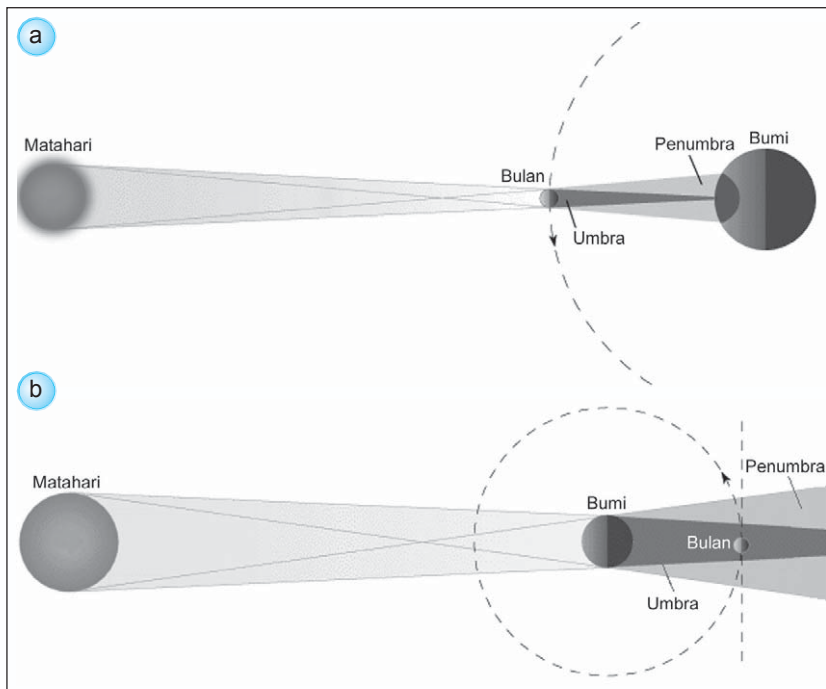
#### e. Kedudukan 5

Sepuluh bagian Bulan yang menghadap Bumi semuanya terkena sinar Matahari, sehingga disebut Bulan purnama.

### 4. Gerhana Bulan dan Gerhana Matahari

Karena Bumi dan Bulan bersama-sama mengelilingi Matahari, pada suatu saat kedudukan Bumi, Bulan, dan Matahari akan sejajar. Jika Bumi berada di antara Matahari dan Bulan maka cahaya Matahari ke Bumi akan terhalangi. Kejadian ini disebut dengan **gerhana Bulan**. Sebaliknya, jika bulan berada di antara Bumi dan Matahari maka sebagian daerah di Bumi tidak mendapat sinar Matahari. Kejadian ini dinamakan **gerhana Matahari**.

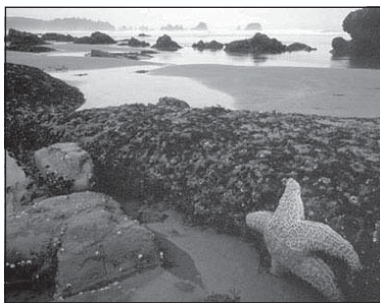
Terjadinya gerhana Bulan dan gerhana Matahari ditunjukkan pada **Gambar 9.19**.



**Gambar 9.19** a. Proses terjadinya gerhana Matahari.  
b. Proses terjadinya gerhana Bulan.

### 5. Pasang Surut Air Laut

Tahukah kamu apa yang dimaksud pasang surut air laut? Pasang adalah keadaan ketika air laut naik dan surut adalah keadaan di mana permukaan air laut turun. Tahukah kamu apa penyebabnya? Pasang surut air laut terutama karena gravitasi Bulan meskipun juga dipengaruhi gravitasi Matahari. Hal ini



**Gambar 9.20** Laut selalu mengalami pasang dan surut bergantian.

Sumber: Microsoft Encarta

karena jarak Bumi lebih dekat ke Bulan daripada jarak bumi ke Matahari. Ingat bahwa gaya gravitasi pada dua buah benda besarnya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak benda tersebut.

Karena gravitasi Bulan ini, lautan akan tertarik sehingga menimbulkan air pasang. Ketika jarak Bumi dan Bulan menjauh, gaya gravitasi Bulan akan menurun. Hal ini mengakibatkan laut akan surut. Pasang besar terjadi saat Bulan dan Matahari menghasilkan gaya tarik (gaya gravitasi) yang segaris. Hal ini terjadi saat Bulan purnama dan Bulan baru.

## 6. Satelit Buatan

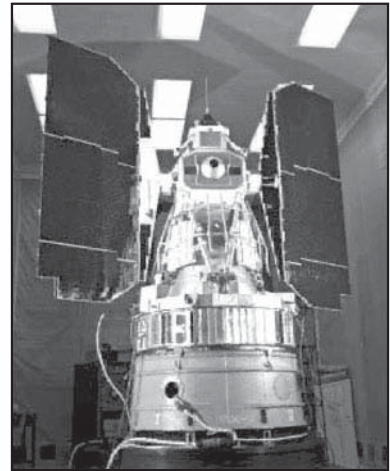
Apakah yang dimaksud dengan satelit buatan? Satelit buatan adalah pesawat buatan manusia yang diorbitkan pada orbit tertentu untuk mengitari sebuah planet. Ada berbagai macam satelit, yaitu satelit komunikasi, satelit penelitian, satelit penelitian sumber daya Bumi, satelit navigasi, satelit militer, dan satelit cuaca atau meteorologi. Semua satelit tersebut digunakan untuk membantu manusia memperoleh informasi mengenai Bumi atau planet-planet lain.

- a. Satelit komunikasi, digunakan untuk menunjang kelancaran komunikasi baik menggunakan radio, telepon, maupun TV. Satelit ini juga digunakan untuk menyiarkan informasi-informasi pendidikan, kesehatan, dan hiburan ke seluruh permukaan Bumi sehingga dapat menjangkau daerah-daerah terpencil. Ada dua macam satelit komunikasi, yaitu satelit pemantul dan satelit pengulang. Satelit pemantul, berfungsi sebagai pemantul (*reflektor*) bagi sinyal-sinyal mikro dari stasiun pemancar Bumi. Satelit pengulang, berfungsi sebagai penguat dan memantulkan kembali sinyal yang diterimanya. Satelit jenis ini memiliki alat pemancar ulang yang dinamakan *transponder*. Contoh satelit komunikasi adalah satelit Telstar, Sinkron, Palapa, Molniya, Intelsat, dan lain-lain.

Satelit Palapa adalah satelit komunikasi milik Indonesia. Satelit Palapa pertama kali diluncurkan tahun 1976. Indonesia telah meluncurkan tiga generasi satelit Palapa, yaitu generasi A (Palapa A-1 dan Palapa A-2), generasi B (Palapa B-1, Palapa B-2, Palapa B-2P, Palapa B-2R, dan Palapa B-4), dan generasi C (Palapa C-1 dan lanjutannya). Satelit Palapa dapat menjangkau wilayah ASEAN dan Asia Pasifik.

- b. Satelit penelitian, digunakan untuk meneliti keadaan luar angkasa seperti matahari, planet-planet, bintang, komet-komet, dan benda-benda angkasa luar lainnya. Contoh satelit ini adalah satelit seri Pegasus yang berfungsi melaporkan kebocoran atmosfer yang disebabkan oleh benturan meteorit dan satelit seri Explorer yang berfungsi memberikan data tentang radiasi, medan magnet, dan gelombang radio di angkasa.

- c. Satelit sumber daya alam, dibuat dengan tujuan untuk memetakan bentuk-bentuk permukaan Bumi, membantu menemukan lokasi sumber-sumber mineral termasuk persediaan kandungan minyak, dan memetakan kegiatan geologi dengan harapan dapat mengembangkan sistem dini bahaya gempa Bumi. Contoh satelit ini adalah satelit Landsat dan satelit Vanguard. Satelit Landsat mengorbit Bumi dan mencatat gambar-gambar Bumi, kemudian dikirim ke Bumi. Dengan menggunakan komputer, sinyal elektronik ini diubah menjadi gambar-gambar visual yang dapat kita mengerti.
- d. Satelit navigasi, digunakan untuk membantu pelayaran dan penerbangan apabila sulit menentukan posisi karena cuaca yang buruk. Navigator yang mengalami kesulitan menghubungi satelit navigasi yang mengorbit. Satelit akan menjawab melalui radio tentang posisi kapal, sehingga navigator dapat mengetahui posisi kapal secara tepat. Contoh satelit jenis ini adalah satelit Transit dan Transit IB.
- e. Satelit militer, merupakan satelit yang diluncurkan untuk kepentingan militer dan memata-matai negara-negara musuh. Contoh satelit ini adalah satelit Midas milik USA yang dapat melihat peluncuran peluru kendali melalui penggunaan alat inframerah. Rusia juga memiliki satelit Cosmos yang dapat mengambil gambar lapangan udara, pabrik amunisi, dan tempat peluncuran peluru kendali.
- f. Satelit cuaca atau sering disebut satelit meteorologi, digunakan untuk memantau data cuaca, musim, angin, awan, dan temperatur. Contoh satelit meteorologi adalah satelit Tiros, Nimbus, dan Goes milik Amerika Serikat.



**Gambar 9.21** Satelit Nimbus.  
Sumber: Microsoft Encarta

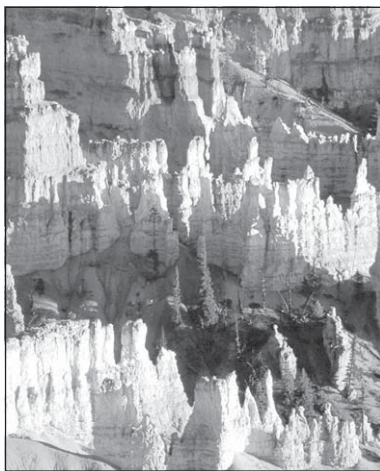
## 7. Struktur Permukaan Bumi

Keadaan permukaan setiap planet berbeda-beda, begitu pula dengan planet Bumi. Pada bagian ini kamu akan mempelajari bagaimana karakteristik planet Bumi tempat kita tinggal. Bumi terdiri dari tiga bagian utama yaitu litosfer, hidrosfer, dan atmosfer.

Dalam bahasa Yunani litosfer berarti lapisan batuan. Litosfer disebut juga kulit Bumi atau kerak Bumi. Pada bagian ini terdapat bentuk tonjolan dan lekukan. Bagian litosfer yang menonjol membentuk benua dan pulau, sedangkan bagian yang rendah ditempati air sehingga membentuk laut. Secara umum permukaan Bumi terdiri atas permukaan daratan dan permukaan dasar laut.

Di permukaan daratan terdapat bagian-bagian Bumi lain yang disebut dataran, perbukitan dan pegunungan. Pembagian daratan ini berdasarkan pada ketinggian relatif daerah-daerah tersebut dari permukaan laut.





**Gambar 9.22** Erosi menyebabkan pelapukan batuan, sehingga membentuk relief yang unik.

Pada lapisan litosfer terjadi proses-proses akibat kondisi lingkungan. Proses tersebut antara lain sebagai berikut.

#### a. Pelapukan Batuan

Bagian Bumi tempat kita tinggal adalah daratan. Tanah tempat kita tinggal selain digunakan sebagai tempat tinggal, juga digunakan untuk bercocok tanam. Tanah sangat diperlukan manusia. Tahukah kamu bagaimana tanah terbentuk?

Tanah terbentuk dari proses pelapukan yang berjalan terus menerus. Pelapukan dapat terjadi melalui proses organik, mekanik, dan kimiawi. Pelapukan organik merupakan pelapukan dengan bantuan tumbuhan dan hewan. Sebagai contohnya tumbuhan lumut di batuan akan mengakibatkan retaknya batuan tersebut.

Pelapukan juga dapat terjadi melalui proses mekanik yang dipengaruhi beberapa faktor, di antaranya temperatur, erosi oleh air, erosi oleh gletser, dan erosi oleh angin.

Pada siang hari, suhu Bumi tinggi dan pada malam hari suhunya turun. Perubahan suhu ini berpengaruh pada batuan. Batuan tersebut akan memuai dan mengerut. Di dalam batuan terdapat kandungan mineral yang berbeda dan koefisien muainya berbeda pula. Karena mineral-mineral tersebut mengalami pemuaian yang berbeda, mengakibatkan batuan ini memuai secara tidak merata. Akibatnya batuan akan retak dan mineral-mineralnya dapat terkikis oleh angin atau air. Pada akhirnya butiran-butiran batuan ini akan diendapkan di suatu tempat membentuk tanah.

Proses kimia pada batuan pun memegang andil dalam proses pelapukan. Reaksi-reaksi kimia yang terjadi antara mineral-mineral batuan dan zat-zat kimia mengakibatkan batuan-batuan tersebut melemah dan mengakibatkan batuan tersebut melapuk.

#### b. Pemanasan Global

Selain kejadian-kejadian yang terjadi pada lapisan litosfer, lapisan atmosfer mengalami peristiwa yang berpengaruh pada kelangsungan hidup di Bumi. Di antara peristiwa-peristiwa ini adalah pemanasan global.

Sinar Matahari yang menuju Bumi, tidak seluruhnya diserap oleh permukaan Bumi, tetapi sebagian dipantulkan oleh lapisan atmosfer yang terdiri atas gas dan debu. Karena aktivitas di Bumi, gas-gas baru dihasilkan oleh aktivitas tersebut, contohnya produksi gas karbon monoksida. Gas ini akan naik hingga mencapai atmosfer. Di atmosfer, gas-gas ini bereaksi dengan gas-gas pada lapisan atmosfer yang disebut lapisan ozon. Karena reaksi ini lapisan ozon menjadi rusak sehingga menimbulkan kebocoran.

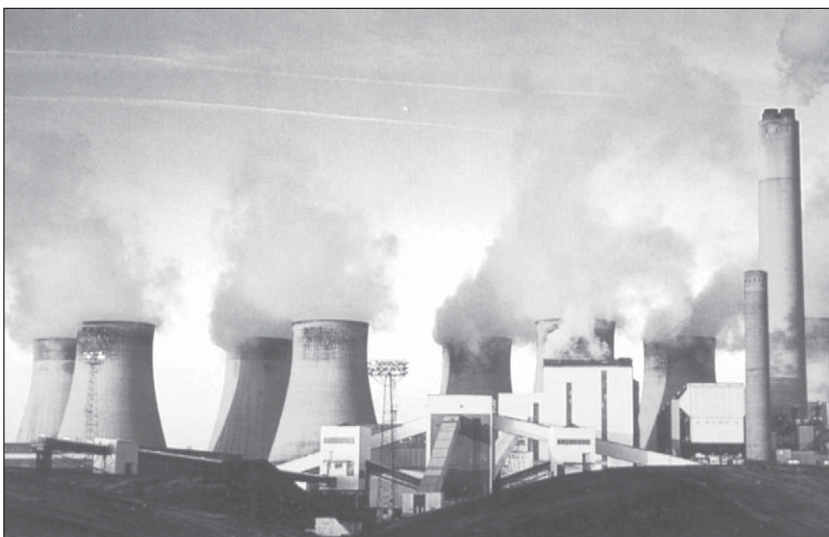
Akibat dari rusaknya lapisan ozon ini, menyebabkan lapisan ozon ini tidak mampu lagi menyaring panas dari Matahari

sehingga Bumi mengalami pemanasan yang berlebih. Asap pabrik, asap kendaraan bermotor, pembakaran minyak bumi dan batu bara, penebangan liar, dan pembakaran hutan menyebabkan peningkatan gas  $\text{CO}_2$  di atmosfer. Meningkatnya gas  $\text{CO}_2$  menyebabkan terjadinya peningkatan radiasi bumi yang terperangkap oleh gas-gas tersebut. Hal ini menyebabkan terjadi peningkatan suhu secara bertahap. Gejala ini biasa disebut dengan pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim. Jika suhu Bumi meningkat maka lapisan es di kutub akan mencair sehingga volume air di dunia akan meningkat dan dapat merendam daratan.

Komposisi gas-gas di lapisan atmosfer harus seimbang. Jika lapisan atmosfer terlalu pekat sehingga panas dari Matahari seluruhnya dipantulkan ke angkasa luar, Bumi akan kekurangan panas sehingga suhu Bumi akan turun dan Bumi akan membeku.

Bagaimana pengaruh proses-proses di lingkungan terhadap kesehatan manusia? Proses-proses yang terjadi di lingkungan membawa dampak terhadap manusia, antara lain sebagai berikut.

- a. Efek pemanasan global yaitu suhu di siang hari meningkat dan menurun pada malam hari menuntut tubuh kita beradaptasi dengan keras.
- b. Peningkatan gas  $\text{CO}_2$  yang tidak diimbangi dengan penyerapan  $\text{CO}_2$  oleh tumbuhan karena penebangan liar dan pembakaran hutan menyebabkan kekurangan oksigen. Hal ini tentu mengganggu pernapasan dan kelangsungan hidup makhluk hidup.
- c. Pencemaran udara yang ditimbulkan karena berbagai aktivitas manusia dapat menimbulkan penyakit mata, tenggorokan, kerusakan paru-paru dan penyakit lainnya.



**Gambar 9.23** Asap pabrik merupakan polutan yang turut mendorong terjadinya pemanasan global.

### Latihan 9.3

1. Jelaskan lapisan-lapisan Bumi!
2. Bagaimana proses pembentukan tanah?
3. Apa yang dimaksud pelapukan?
4. Sebutkan jenis-jenis pelapukan batuan berdasarkan penyebabnya!
5. Jelaskan apa yang dimaksud pemanasan global! Bagaimana upaya yang dapat dilakukan manusia untuk menanggulangi bahaya pemanasan global?

### Rangkuman

- Tata surya adalah kumpulan benda-benda langit menjadi satu kesatuan dan membentuk sebuah sistem yang sangat teratur. Anggota-anggota tata surya meliputi Matahari, Planet, Asteroid, Komet, Meteor, dan Satelit.
- Bintang adalah benda langit yang memiliki cahaya sendiri. Matahari adalah termasuk bintang.
- Sumber energi Matahari berasal dari reaksi fusi, yaitu penggabungan inti-inti atom Hidrogen membentuk inti-inti atom Helium.

$$E = m \times c^2$$

- Matahari tersusun oleh beberapa daerah yang berbeda, yaitu atmosfer, fotosfer, dan inti Matahari.
- Bumi terdiri atas tiga bagian, yaitu udara (atmosfer), air (hidrosfer), dan bagian padat (litosfer).
- Bumi melakukan rotasi pada sumbunya dengan periode 1 hari (23 jam, 56 menit, dan 4,09 detik). Akibat adanya rotasi Bumi antara lain terjadinya siang dan malam, gerak semu harian benda langit, terjadinya pemampatan bentuk Bumi di daerah kutub dan penggembungan di daerah ekuator, dan terjadinya perbedaan waktu.
- Bumi melakukan revolusi terhadap Matahari yang mengakibatkan antara lain terjadinya pergantian musim, perubahan lamanya siang dan malam, gerak semu Matahari, dan terlihatnya rasi bintang yang berbeda setiap bulan.
- Bumi terdiri dari tiga bagian utama yaitu litosfer, hidrosfer, dan atmosfer. Pada lapisan litosfer terjadi proses-proses akibat kondisi lingkungan, antara lain pelapukan batuan dan pemanasan global.

### Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Tata Surya** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab X, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian tata surya dan anggota-anggotanya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan karakteristik matahari sebagai pusat sistem tata surya dan cara matahari menghasilkan energi?



3. Dapatkah kamu menjelaskan karakteristik bumi sebagai salah satu planet dalam sistem tata surya?
4. Dapatkah kamu menjelaskan rotasi dan revolusi bumi dan pengaruhnya terhadap kehidupan manusia?
5. Apakah kamu sudah memahami garis edar bumi, bulan, dan satelit buatan serta bentuk-bentuk interaksinya seperti gerhana bulan dan matahari?

## Latih Kemampuan

9

*Kerjakan di buku tugasmu!*

**I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

- Matahari, planet, dan benda-benda langit lainnya membentuk sebuah sistem yang disebut ....
  - galaksi
  - astronomi
  - tata surya
  - bintang
- Bintang yang menjadi pusat tata surya adalah ....
  - Matahari
  - Alpha Centauri
  - Saturnus
  - Jupiter
- Bagian Matahari yang terlihat pada saat gerhana disebut ....
  - korona
  - litosfer
  - inti
  - semburan gas
- Matahari tersusun oleh gas-gas, massa jenis Matahari dibandingkan dengan planet-planet adalah ....
  - lebih besar
  - sama
  - lebih kecil
  - kadang sama kadang lebih besar
- Sumber energi Matahari berasal dari ....
  - bintang lain
  - planet
  - reaksi inti
  - galaksi lain
- Yang **bukan** merupakan bagian Bumi adalah ....
  - atmosfera
  - litosfer
  - hidrosfer
  - korona
- Bagian Bumi yang disebut selimut adalah ....
  - atmosfera
  - hidrosfer
  - litosfer
  - kromosfer
- Bagian Bumi tempat terjadinya pelapukan adalah ....
  - atmosfera
  - hidrosfer
  - litosfer
  - kromosfer
- Pemantulan dan penyerapan Matahari terjadi pada bagian Bumi yaitu ....
  - atmosfera
  - hidrosfer
  - litosfer
  - kromosfer
- Bumi berotasi pada porosnya disebut ....
  - revolusi
  - rotasi
  - revolusi dan rotasi
  - semua salah
- Bulan merupakan ... Bumi
  - planet
  - satelit
  - anak
  - bintang
- Bulan selalu mengitari Bumi disebabkan karena adanya ....
  - gaya gravitasi Bumi
  - atmosfera Bumi
  - panas Bumi
  - jarak
- Cahaya dari Bulan tidak terasa panas karena ....
  - cahayanya bukan berasal dari bulan sendiri
  - jarak Bulan cukup jauh dari planet Bumi
  - energi cahaya dari Bulan terlalu kecil
  - energi cahaya dari Bulan dikalahkan cahaya Matahari
- Planet yang paling dekat dengan Matahari adalah ....
  - Jupiter
  - Neptunus
  - Saturnus
  - Merkurius
- Planet yang letaknya paling jauh dari Bumi adalah ....
  - Merkurius
  - Venus
  - Bumi
  - Neptunus

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apa perbedaan antara bintang dan planet?
2. Sebutkan benda-benda langit penyusun tata surya!
3. Mengapa planet-planet beredar mengitari Matahari?
4. Sebutkan bagian-bagian Bumi!
5. Jelaskan yang dimaksud dengan pelapukan dan pemanasan global!

### Wacana Sains

#### Gerhana Matahari dan Hilal di Awal Ramadhan

Berbeda dengan sebelumnya, menjelang Ramadhan tahun 2005 ada gerhana Matahari cincin. Fenomena itu terjadi Senin (3/10), dan dapat disaksikan dari Spanyol, Portugal, Afrika, dan Samudra India. Sebagian kecil wilayah Indonesia (Aceh dan sekitar) dapat menikmati sebagai gerhana Matahari sebagian menjelang Matahari tenggelam.

Inilah bonus bagi para perukyat hilal di Nanggroe Aceh Darussalam, yang hari itu akan menentukan awal puasa. Jika cuaca cerah dan Matahari tenggelam tidak tertutup awan, maka meskipun hilal tidak akan dapat dirukyat, para perukyat tetap akan melihat sebagian piringan Matahari bagian bawah tertutupi oleh piringan Bulan.

Di samping itu, karena fenomenanya terjadi ketika menjelang Matahari tenggelam, tidak diperlukan peralatan khusus untuk menyaksikannya. Namun, untuk keamanan mata, sebaiknya digunakan penapis cahaya untuk mengurangi intensitas cahaya Matahari yang masih cukup kuat.

Tahun 2005 terdapat empat gerhana: dua gerhana Matahari dan dua gerhana Bulan. Gerhana Matahari terjadi tanggal 8 April 2005 dan 3 Oktober 2005. Gerhana Matahari pada 8 April bertipe *hybrid solar eclipse*, yaitu gerhana Matahari yang tampak sebagai gerhana total untuk sebagian wilayah dan tampak sebagai gerhana cincin untuk sebagian lainnya. Gerhana 3 Oktober merupakan gerhana Matahari cincin yang tergolong lama karena fenomena cincinnya yang membentang dari Samudra Atlantik hingga Samudra Hindia tersebut berdurasi 3 jam 40 menit.

Gerhana Bulan yang terjadi tahun 2005 adalah gerhana Bulan penumbra, 24 April, dan gerhana Bulan sebagian pada 17 Oktober. Gerhana Bulan penumbra sulit dilihat mata manusia. Adapun gerhana Bulan sebagian pada 17 Oktober 2005 mencapai pertengahan gerhana pukul 19.03 WIB sehingga memungkinkan masyarakat Indonesia untuk melihatnya. Namun, karena hanya sebagian kecil dari permukaan yang memasuki daerah umbra Bumi, maka tetap tidak mudah mengenalinya.

**Sumber:** Hendro Setyanto (Observatorium Bosscha, Departemen Astronomi ITB) dalam *Kompas*, 3 Oktober 2005.

# Bab X

## Litosfer dan Atmosfer



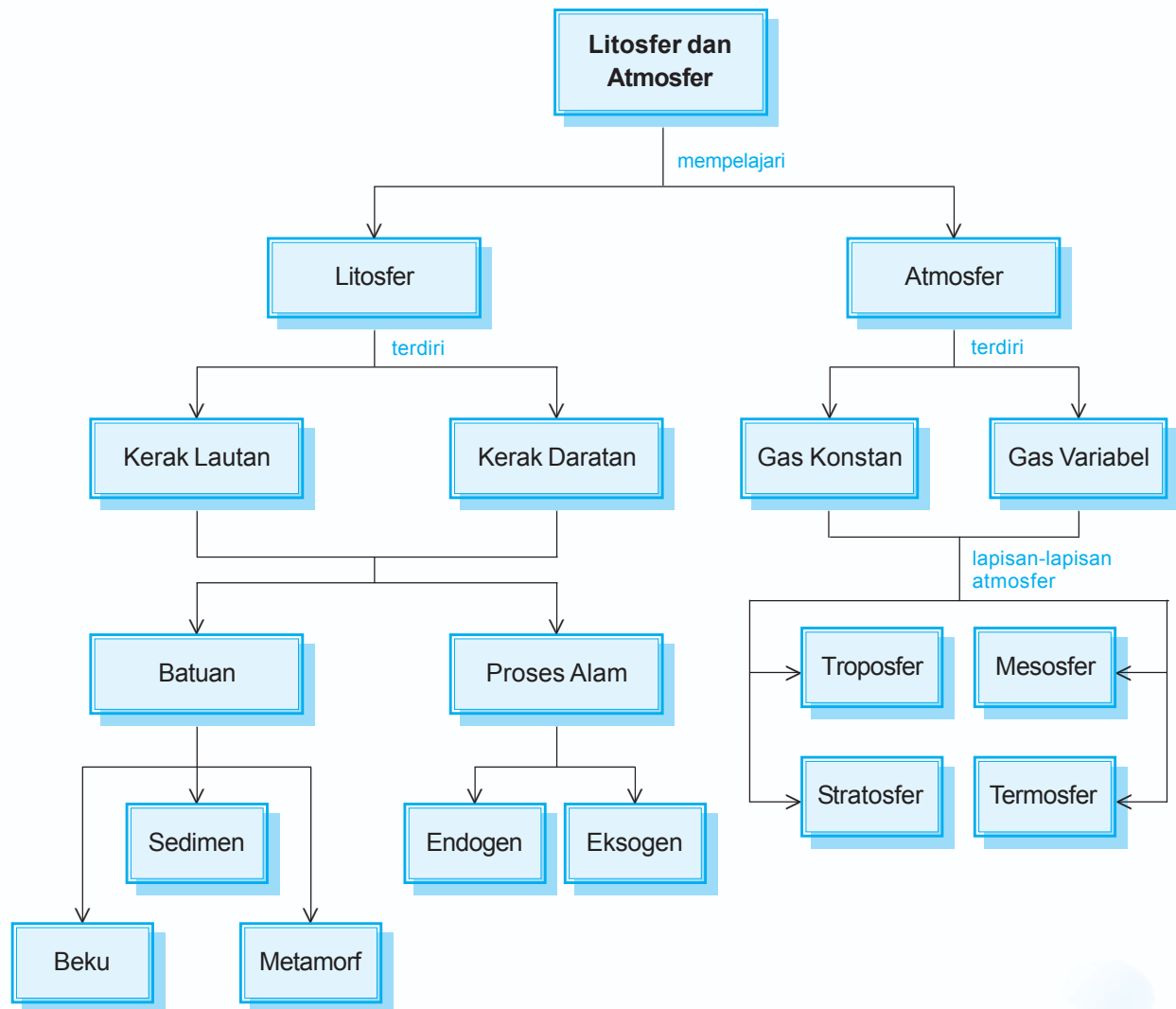
Permukaan bumi terdiri dari beraneka ragam bentuk seperti dataran, gunung, lembah, pantai, dan sebagainya. Bahkan di dasar lautpun, bentuk permukaan bumi tidak rata. Apa yang menyusun permukaan bumi?

Manusia dan makhluk hidup lainnya membutuhkan udara. Di atas permukaan bumi terdapat lapisan-lapisan udara. Apa saja lapisan-lapisan tersebut? Di lapisan manakah terjadi awan dan hujan?

Mari kita pahami sistem tata surya beserta proses yang terjadi di dalamnya. dalam pembelajaran bab ini, kamu dapat mendeskripsikan proses-proses khusus yang terjadi pada lapisan litosfer dan atmosfer yang berkaitan dengan perubahan zat dan kalor, serta hubungan proses-proses tersebut dengan kesehatan dan lingkungan.



# Peta Konsep



## Kata Kunci

- atmosfer
- batuan
- lapisan
- litosfer



## A. Litosfer

Bumi tersusun dari tiga lapisan, yaitu kulit bumi, mantel bumi, dan inti bumi. Manusia hidup di permukaan bumi menempati lapisan terluar (kulit bumi) yang sering juga disebut **kerak bumi** atau **litosfer**.

### 1. Pengertian Litosfer

Istilah litosfer berasal dari bahasa Yunani yaitu *lithos* yang artinya batuan dan *sphera* yang artinya lapisan. Jadi litosfer adalah lapisan bumi paling luar dan terdiri atas batuan. Dalam pengertian lebih luas, litosfer dapat berarti seluruh lapisan bumi dari lapisan kerak bumi (*crust*) sampai ke bagian inti bumi yang cair (*molten core*), tetapi tidak termasuk hidrosfer dan atmosfer.

Perlu kamu pahami, yang dimaksud batuan bukan hanya benda yang keras yang berupa batu dalam kehidupan sehari-hari, namun juga dalam bentuk tanah liat, abu gunung api, pasir, dan kerikil.

Litosfer atau kerak bumi merupakan lapisan terluar dari bumi yang berupa benda padat dengan ketebalan rata-rata 70 km dan berat jenisnya  $2,8 \text{ gram/cm}^3$ . Kerak bumi terdiri atas kerak daratan dan kerak lautan dan tersusun dari bermacam-macam batuan dengan ketebalan yang berbeda-beda. **Kerak daratan** adalah kerak bumi pada bagian daratan (permukaan bumi di daratan), sedangkan **kerak lautan** adalah kerak bumi yang menempati dasar laut (permukaan bumi di dasar laut). Kerak daratan lebih tebal jika dibanding dengan kerak lautan.

### 2. Bentuk Kerak Daratan

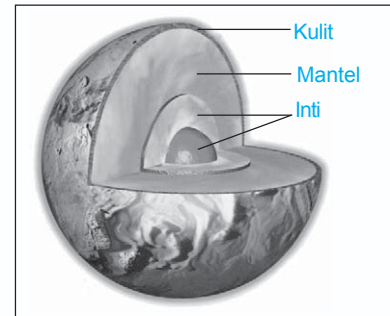
Kerak daratan terdiri dari bermacam-macam bentuk, misalnya dataran, pegunungan, lembah, dan cekungan. Berbagai macam bentuk permukaan bumi tersebut dinamakan **bentang alam**.

Dataran merupakan bagian bentang alam dengan bentuk permukaan hampir rata yang sangat luas. Dataran terdiri dari dataran rendah dan dataran tinggi. Dataran rendah mempunyai ketinggian kurang dari 200 m dari permukaan air laut.

Beberapa bagian dari permukaan bumi kita terdiri dari gunung-gunung yang membentuk suatu pegunungan. Gunung merupakan permukaan bumi yang mengerucut. Lembah adalah dataran di sepanjang sungai. Sedangkan cekungan merupakan dataran rendah yang dikelilingi oleh dataran tinggi.

### 2. Bentuk Kerak Lautan

Berbeda dengan permukaan air laut yang terlihat hampir rata, permukaan bumi di dasar lautan terdiri dari bermacam-macam bentuk. Perhatikan **Gambar 10.3!**

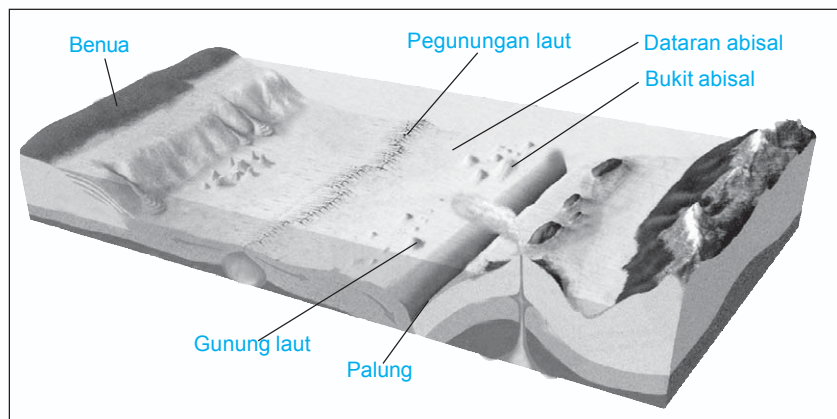


**Gambar 10.1** Penampang lapisan bumi.

**Sumber:** Ensiklopedia IPTEK



**Gambar 10.2** Contoh bentang alam.



**Gambar 10.3** Penampang permukaan bumi di dasar lautan.

**Sumber:** Kamus visual

### 3. Batuan Pembentuk Permukaan Bumi

Litosfer merupakan lapisan terluar dari bumi yang sebagian besar terdiri dari batuan. Proses pembentukan batuan di permukaan bumi diawali dari magma pijar yang berasal dari dalam bumi yang mengalami proses pendinginan dan akhirnya menjadi batuan beku. Karena proses alam, batuan beku tersebut mengalami proses penghancuran yang kemudian membentuk batuan sedimen. Dalam perkembangan berikutnya batuan sedimen dapat berubah menjadi batuan metamorf karena proses metamorfosis batuan.

Dari uraian di atas, secara garis besar batuan di permukaan bumi dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan proses pembentukannya, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan malihan.

#### a. Batuan Beku

Batuan beku merupakan batuan keras yang terbentuk dari magma yang keluar dari perut bumi dan membeku karena mengalami proses pendinginan. Karena itu, batuan beku juga disebut sebagai bekuan.

Batuan beku dapat dibedakan berdasarkan tempat magma yang keluar membeku menjadi tiga jenis.

- 1) Batuan beku dalam, yaitu merupakan hasil pembekuan magma di bagian dalam perut bumi, bahkan di dalam dapur magma. Karena proses pendinginan yang terjadi berlangsung sangat lambat, maka dihasilkan hablur mineral yang sempurna (teratur). Contoh batuan beku dalam antara lain sienit, granit, diorit, dan gabro.
- 2) Batuan beku luar, yaitu terbentuk karena adanya proses pembekuan magma pada permukaan bumi. Biasanya proses pembentukan batuan ini terjadi secara cepat akibat penurunan suhu yang mendadak. Contoh batuan beku dalam antara lain obsidian, liparit, trachit, desit, andesit, dan basalt.



- 3) Batuan beku korok, yaitu terbentuk karena proses penyusupan magma pada celah-celah litosfer bagian atas dan kemudian membeku. Oleh karenanya, posisi batuan beku korok biasanya dekat dengan permukaan bumi. Batuan beku jenis ini juga mengkristal. Beberapa contoh batuan beku korok antara lain porfir granit, porfir diorit, dan ordinit.

Di alam, kita dapat membedakan empat macam batuan beku berdasarkan teksturnya, yaitu sebagai berikut.

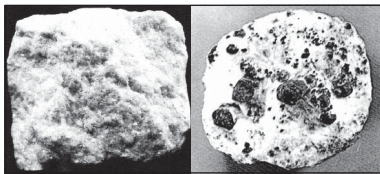
- 1) Batuan granitoid, yaitu semua batuan yang butir-butir mineralnya cukup besar untuk dapat dikenal dengan mata biasa (megaskopis).
- 2) Batuan felsitoid, (aphanit) yaitu batuan yang tersusun terutama atau seluruhnya atas butir-butir mineral kecil yang hanya dapat dikenal jika dilihat dengan bantuan lensa kuat (mikroskopis).
- 3) Batuan gelas, yaitu batuan yang tersusun seluruhnya atau sebagian besar atas bahan gelas yang berkilap kaca.
- 4) Batuan pecahan (fragment), yaitu batuan yang tersusun terutama atas bahan yang dikeluarkan vulkan.

#### **b. Batuan Sedimen**

Batuan sedimen terbentuk dari batuan beku atau zat padat yang mengalami erosi di tempat tertentu kemudian mengendap dan menjadi keras. Batuan sedimen biasanya berlapis-lapis secara mendatar. Di antara batuan ini, seringkali ditemukan fosil-fosil.

Batuan sedimen dapat dibagi berdasarkan proses pembentukannya, yaitu sedimen klastis, kimiawi, dan organik.

- 1) Batuan sedimen klastis terbentuk karena pelapukan atau erosi pada pecahan batuan atau mineral, sehingga batuan menjadi hancur atau pecah dan kemudian mengendap di tempat tertentu dan menjadi keras. Susunan kimia dan warna batuan ini biasanya sama dengan batuan asalnya. Contoh batuan sedimen klastis antara lain batu konglomerat, batu breksi, dan batu pasir.
- 2) Batuan sedimen kimiawi terbentuk karena pengendapan melalui proses kimia pada mineral-mineral tertentu. Misalnya, pada batu kapur yang larut oleh air kemudian mengendap dan membentuk stalaktit dan stalagmit di gua kapur. Contoh batuan sedimen kimiawi lainnya adalah garam.
- 3) Batuan sedimen organik atau batuan sedimen biogenik terbentuk karena adanya sisa-sisa makhluk hidup yang mengalami pengendapan di tempat tertentu. Contohnya, batu karang yang terbentuk dari terumbu karang yang mati dan fosfat yang terbentuk dari kotoran kelelawar.



**Gambar 10.5** Batu marmer dan batu permata

**Sumber:** Ensiklopedia IPTEK

### c. Batuan Malihan (Metamorfosis)

Batuan malihan terbentuk dari batuan beku atau batuan sedimen yang telah berubah wujud. Karena itu, batuan malihan disebut juga **batuan metamorfosis**.

Batuan malihan dapat dibagi berdasarkan proses pembentukannya, yaitu sebagai berikut.

- 1) Batuan malihan kontak, yaitu terbentuk karena adanya pemanasan atau peningkatan suhu dan perubahan kimia karena intrusi magma. Contohnya, batu marmer yang berasal dari batu kapur.
- 2) Batuan malihan dinamo, yaitu terbentuk karena adanya tekanan yang besar disertai pemanasan dan tumbukan. Tekanan dapat berasal dari lapisan-lapisan yang berada di atas batu dalam jangka waktu lama. Contohnya batu sabak yang berasal dari tanah liat. Contoh lainnya batubara yang berasal dari sisa-sisa jasad hewan dan tumbuhan di daerah rawa-rawa (tanah gambut).
- 3) Batuan malihan thermal-pneumatolik, yaitu terbentuk karena adanya zat-zat tertentu yang memasuki batuan yang sedang mengalami metamorfosis. Contohnya, batu zamrud, permata, dan topaz.

## 4. Proses Alam

Permukaan bumi terbentuk karena adanya proses alamiah yang berlangsung terus-menerus. Peristiwa alamiah tersebut digerakkan oleh suatu tenaga alamiah yang berasal dari dalam maupun luar bumi. Tenaga-tenaga yang berasal dari dalam bumi dan bersifat membentuk permukaan bumi dikenal sebagai **tenaga endogen**. Adapun tenaga-tenaga yang berasal dari luar bumi dan bersifat mengubah atau merusak permukaan bumi disebut **tenaga eksogen**.

### a. Tenaga Endogen

Pernahkah kamu merasakan atau mendengar berita tentang gempa bumi atau gunung meletus? Gempa bumi dan gunung meletus tersebut terjadi karena proses alam akibat tenaga dari dalam bumi atau tenaga endogen.

Tenaga endogen secara umum ada dua macam, yaitu tektonisme dan vulkanisme. **Tektonisme** merupakan gejala alam yang berupa peristiwa pergerakan lapisan kerak bumi yang menyebabkan perubahan pada permukaan bumi. Peristiwa alami karena tektonisme dapat berupa pelipatan, pergeseran, ataupun pengangkatan membentuk struktur permukaan bumi. Beberapa contoh bentuk alam yang disebabkan oleh gejala tektonisme antara lain adanya lembah, gunung, jurang, dan bukit.

Adapun gejala alam yang berupa peristiwa keluarnya magma dari perut bumi ke permukaan dinamakan **vulkanisme**.



**Gambar 10.6** Gempa di Jogjakarta yang menyebabkan ribuan nyawa melayang merupakan peristiwa tektonisme.



**Gambar 10.7** Gunung berapi yang aktif merupakan peristiwa vulkanisme.

Vulkanisme terjadi akibat tekanan gas di dapur magma yang temperaturnya tinggi, sehingga magma mendesak keluar. Aktivitas gunung berapi merupakan contoh peristiwa vulkanisme.

Peristiwa alam tektonisme dan vulkanisme terjadi karena pada dasarnya bentuk bumi ini tidak bulat sempurna. Bumi tersusun atas lempengan-lempengan besar atau lempeng tektonik yang selalu bergerak. Setiap pergerakan suatu lempeng akan menyebabkan terjadinya gesekan dengan lempengan lainnya. Pergesekan tersebut akan terjadi di batas lempeng.

### Info Sains

Tenaga endogen (tektonisme dan vulkanisme) dapat dirasakan oleh manusia berupa gempa. Gempa terjadi setelah peristiwa tektonik atau vulkanik yang menyeruak dari bawah ke atas sehingga menyentak permukaan bumi dan dirasakan sebagai gempa.

## b. Tenaga Eksogen

Tenaga pengubah bentuk permukaan bumi yang berasal dari luar permukaan bumi dinamakan tenaga eksogen. Tenaga eksogen biasanya membentuk permukaan bumi dengan perusakan, misalnya melalui pelapukan, erosi, dan abrasi.

### 1) Pelapukan

Pelapukan merupakan proses alami hancurnya batuan tertentu menjadi berbagai jenis tanah. Proses pelapukan tergantung kepada beberapa sebab, misalnya susunan dan bahan pembentuk batuan, temperatur dan cuaca di sekitar batuan, serta kelembatan tumbuhan yang ada di sekitar batuan. Berdasarkan penyebabnya, proses pelapukan dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu pelapukan kimia, fisika, dan biologi.

**Pelapukan kimia** adalah pelapukan yang terjadi karena reaksi kimia yang mengakibatkan hancurnya batuan. Pelapukan jenis ini dapat terjadi dengan cepat di daerah yang sangat panas atau sangat dingin. Peristiwa pelapukan kimia dapat terjadi karena batuan bereaksi dengan bahan kimia tertentu, misalnya batuan gamping yang melapuk karena terkena air.

**Pelapukan fisika** adalah proses hancurnya batuan karena proses fisika pada batuan tersebut. Pelapukan jenis ini biasanya tidak akan mengubah sifat dasar dan komposisi batuan yang mengalaminya. Pelapukan fisika biasanya terjadi karena temperatur di sekitar batuan selalu berubah-ubah secara cepat. Peristiwa pelapukan fisika dapat terjadi karena batuan mengalami perubahan mekanik. Misalnya sebuah batu pada siang hari memuai karena panas matahari dan pada malam hari mengerut karena udara dingin.

**Pelapukan biologi** adalah proses hancurnya batuan karena aktivitas makhluk hidup. Pelapukan biologi biasanya disertai oleh pelapukan kimia. Misalnya batu yang hancur karena ditumbuhi lumut, dan tanaman lain, atau batu yang berlubang karena dilubangi semut.





**Gambar 10.8** Erosi akibat angin (deflasi) di pantai.



**Gambar 10.9** Erosi akibat air (abrasi) di pantai.

## 2) Erosi

Air yang mengalir di sungai dapat mengakibatkan runtuhnya dinding-dinding sungai. Proses runtuhnya dinding sungai didahului dengan pengikisan oleh aliran air. Proses pengikisan ini disebut sebagai erosi. Erosi tidak hanya terjadi akibat tenaga air, tetapi juga angin, gelombang laut, dan es.

Erosi didefinisikan sebagai proses terjadinya pengikisan pada bagian-bagian tertentu di muka bumi. Materi dari bagian yang mengalami pengikisan tersebut dapat mengalami perpindahan dari tempat asalnya. Proses perpindahan materi tersebut dinamakan transportasi.

Berdasarkan penyebabnya, erosi dapat dibedakan menjadi lima jenis sebagai berikut.

- Ablasi, yaitu erosi yang terjadi karena aliran air yang mengikis batuan atau permukaan bumi. Saat terjadi hujan di gunung, batuan dan tanah yang ada di permukaan gunung terkikis oleh air hujan yang mengalir dari puncak ke kaki gunung.
- Deflasi terjadi karena adanya hembusan angin yang mengikis permukaan bumi. Contohnya, angin laut yang berhembus dari laut ke daratan dapat mengikis batuan dan pasir yang ada di daerah pantai.
- Korosi terjadi karena hembusan angin yang membawa butiran pasir. Angin yang meniupkan butiran pasir menerpa bagian batuan tertentu sehingga batuan tersebut melapuk dan terkikis.
- Abrasi terjadi di pantai karena gelombang air laut mengikis tepian pantai. Contohnya, pasir pantai dan karang yang tergerus oleh gelombang laut yang surut.
- Eksarasi merupakan erosi yang terjadi karena gerakan es yang mencair atau gletser. Air dari es yang mencair di puncak gunung salju mengikis permukaan gunung di sepanjang jalur yang dilalui.

## 3) Sedimentasi

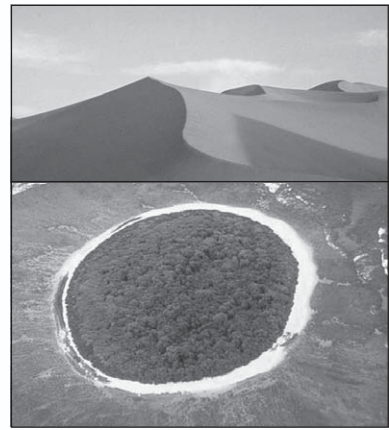
Sedimentasi merupakan proses pengendapan material hasil erosi pada tempat tertentu. Materi yang mengendap dapat disebabkan oleh berbagai hal, misalnya terbawa angin, aliran air, atau gletser. Semua yang mengendap kemudian akan menyatu dan membentuk batuan baru yang disebut **batuan sedimen**.

Berdasarkan penyebabnya, sedimentasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

- Sedimentasi akuatis atau sedimentasi karena air sungai, yaitu proses pengendapan materi-materi yang terbawa oleh aliran air di tempat-tempat yang dilaluinya. Hasil pembentukan dari proses sedimentasi fluvial adalah delta dan bantaran sungai. Delta berupa daratan di dekat

pantai yang terbentuk karena pengendapan lumpur, tanah, pasir dan batuan yang terbawa oleh air sungai. Adapun bantaran sungai merupakan daratan semacam delta yang terbentuk di tepi sungai.

- b) Sedimentasi aeolis atau sedimentasi karena angin, yaitu proses pengendapan materi-materi yang terbawa oleh hembusan angin di tempat-tempat yang dilalui oleh tiupan angin tersebut. Hasil pembentukan dari proses sedimentasi aeolis antara lain adalah gump pasir (*sand dunes*).
- c) Sedimentasi marine atau sedimentasi karena air laut, yaitu proses pengendapan material yang terbawa oleh gelombang air laut. Hasil pembentukan dari proses sedimentasi marine antara lain tumpukan karang di pantai, bar (endapan pasir yang panjang seperti pematang) di pantai, tombolo (bar yang terbentuk dekat pantai dan terhubung dengan daratan), serta karang atol (karang yang bentuknya terputus-putus).



**Gambar 10.10** Gump pasir dan atol yang mengelilingi sebuah pulau.

Kenampakan-kenampakan alam yang terbentuk akibat adanya proses sedimentasi oleh tenaga air antara lain delta, nehrung, tombolo, dataran banjir.

- a. Delta adalah endapan tanah yang terdapat di muara sungai. Bentuk-bentuk delta antara lain delta kipas, delta runcing, dan delta kaki burung atau lobben.



**Gambar 10.11** Bentuk-bentuk delta.  
a. delta runcing  
b. delta kipas  
c. delta lobben

**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer

- b. Nehrung adalah endapan pasir tepi pantai yang melintang seperti lidah banyak dijumpai di sekitar teluk atau estuaria.
- c. Tombolo adalah endapan pasir yang menghubungkan daratan dengan pulau yang berada di dekat pantai.
- d. Dataran banjir adalah dataran yang berada di kanan kiri sungai dan terbentuk akibat luapan saat terjadi banjir.

### c. Pengaruh Tenaga Endogen dan Eksogen

Proses alami pembentukan permukaan bumi karena faktor tenaga endogen dan tenaga eksogen dapat menghasilkan dampak-dampak tertentu, baik yang bersifat positif maupun negatif.



**Gambar 10.12** Letusan gunung mengeluarkan material vulkanik yang dapat menyuburkan tanah.

**Sumber:** Microsoft Encarta

Dampak positif tenaga endogen antara lain sebagai berikut.

- 1) Pembentukan patahan dan lipatan menyebabkan adanya keanekaragaman bentuk permukaan bumi seperti adanya danau, pegunungan, sungai dan dataran. Hasil bentukan ini dapat kita nikmati sebagai suatu keindahan alam dan juga memberi manfaat besar bagi manusia. Contoh manfaat tersebut misalnya, pegunungan yang memengaruhi cuaca di sekitarnya, atau aliran sungai yang airnya dapat dimanfaatkan oleh manusia.
- 2) Proses vulkanisme dapat menyuburkan tanah, misalnya letusan gunung berapi yang menghamburkan debu vulkanik.
- 3) Pembentukan batuan memberikan manfaat yang besar bagi kehidupan manusia, misalnya granit dan fosfat yang menjadi bahan-bahan dasar industri.
- 4) Pembentukan logam-logam di perut bumi yang bermanfaat, semacam besi, baja, timah.

Dampak positif tenaga eksogen, antara lain sebagai berikut.

- 1) Di daerah pesisir, tenaga eksogen menghasilkan delta-delta di muara sungai yang subur sangat bermanfaat bagi manusia.
- 2) Hasil erosi dan sedimentasi di pesisir sangat baik untuk pertanian dan perikanan.

Sedangkan dampak negatif akibat tenaga endogen dan eksogen antara lain sebagai berikut.

- 1) Gunung yang meletus akan mengeluarkan lava, awan panas, dan material vulkanis yang dapat merusak lingkungan yang terkena seperti hutan, lahan pertanian, dan permukiman penduduk.
- 2) Gempa tektonik mengakibatkan rusaknya bangunan, retaknya tanah memutus jalan, listrik dan sarana-sarana lainnya, serta korban jiwa yang banyak.
- 3) Gas beracun yang keluar dari letusan gunung berapi dapat mengancam penduduk di sekitarnya.
- 4) Keadaan relief Indonesia yang kasar dan banyak memiliki gunung mengakibatkan banyak kejadian erosi dan tanah longsor.
- 5) Sedimentasi di muara sungai menyebabkan pendangkalan. Akibatnya lalu lintas air terhambat dan mengakibatkan banjir.
- 6) Abrasi yang terus-menerus terjadi mengakibatkan garis pantai makin maju ke arah daratan, sehingga banyak rumah di pantai yang hancur dan terendam laut.
- 7) Longsor tanah atau lahan di daerah berlereng yang mengakibatkan kerusakan lahan dan bangunan.
- 8) Angin kencang dan angin puting beliung mengakibatkan kerusakan tanaman dan bangunan.



## Latihan 10.1

1. Sebutkan dan jelaskan macam-macam kerak bumi!
2. Apakah yang dimaksud dengan batuan beku? Sebutkan macam-macamnya!
3. Mengapa batuan malihan disebut batuan metamorfosis? Jelaskan dan berikan contohnya!
4.
  - a. Jelaskan yang dimaksud dengan proses alam!
  - b. Sebutkan tenaga-tenaga yang mempengaruhi proses alam!
5. Jelaskan pengertian istilah-istilah berikut ini!
  - a. batuan korok
  - b. deflasi
  - c. nehrung
  - d. eksarasi
  - e. vulkanisme
  - f. tembolo



## B. Atmosfer

Selain lapisan-lapisan yang membentuk permukaan bumi, planet bumi juga diselubungi oleh lapisan-lapisan gas. Lapisan-lapisan gas tersebut merupakan gabungan dari berbagai gas berlapis-lapis dan tidak berwarna dan sering disebut dengan atmosfer.

### 1. Pengertian Atmosfer

Atmosfer bertindak sebagai pelindung bagi kehidupan di bumi dari energi matahari yang sangat kuat pada siang hari, dan mencegah hilangnya panas ke ruang angkasa pada malam hari. Istilah atmosfer berasal dari bahasa Yunani *atmos* yang berarti uap dari *sphaira* berarti lapisan. Secara umum, pengertian atmosfer adalah lapisan gas yang menyelimuti bumi. Lapisan gas ini tetap berada di tempatnya karena pengaruh gaya gravitasi bumi.

Secara fisik atmosfer dapat dirasakan dan dapat diperkirakan keberadaannya. Ketika kamu berdiri di pantai atau di lapangan terbuka, akan terasa sekali terpaan angin yang merupakan bagian dari atmosfer. Atmosfer mempunyai beberapa sifat, antara lain sebagai berikut.

- a. Tidak berwarna, tidak berbau, tidak dapat dirasakan kecuali dalam bentuk angin.
- b. Dinamis dan elastis sehingga dapat mengembang dan mengerut.
- c. Transparan terhadap beberapa bentuk radiasi.
- d. Mempunyai berat sehingga dapat menimbulkan tekanan.

Lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi mempunyai ketebalan yang sulit untuk ditetapkan secara pasti. Bukan karena tebalnya lapisan atmosfer tersebut sehingga sulit diukur, tetapi disebabkan oleh batas antara lapisan atmosfer bumi dengan angkasa luar (*outer space*) yang tidak jelas. Sebagian besar ahli ilmu iklim menyepakati bahwa ketebalan lapisan atmosfer adalah lebih dari 650 km.

## 2. Susunan Atmosfer

Gas-gas yang membentuk atmosfer sering kita sebut udara, terdiri atas unsur-unsur gas dan senyawa kimia. Gas yang membentuk udara di atmosfer dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu gas yang jumlahnya permanen (gas konstan) dan gas yang jumlahnya berubah (gas variabel).

- a. Gas di atmosfer yang jumlahnya tetap atau permanen yaitu nitrogen, oksigen, hidrogen, helium, dan beberapa jenis gas yang keberadaannya di atmosfer sedikit seperti argon, neon, krypton, dan xenon. Gas-gas ini mempunyai proporsi relatif konstan permukaan bumi sampai ketinggian kira-kira 25 km. Campuran dari gas-gas tersebut dinamakan **udara kering**. Di alam ini, tidak pernah ada udara kering murni. Hal ini disebabkan adanya uap air di udara yang jumlahnya berubah-ubah dan adanya pengotoran udara, misalnya oleh debu. Udara semacam ini disebut **udara alam (natural air)**.

Di antara gas-gas tersebut, oksigen memegang peranan penting bagi kehidupan. Salah satunya mengubah makanan menjadi energi hidup. Oksigen dapat bersenyawa dengan unsur-unsur kimia lain, juga diperlukan untuk pembakaran. Nitrogen terdapat di udara dalam jumlah paling banyak yaitu meliputi 78 bagian. Nitrogen tidak langsung bersenyawa dengan elemen-elemen lain, tetapi pada hakikatnya nitrogen penting bagi kehidupan karena merupakan bagian dari senyawa organis.

Helium dan hidrogen sangat jarang di udara kecuali pada elevasi (ketinggian) yang tinggi. Gas-gas ini merupakan gas yang paling ringan dan sering dipakai untuk mengisi balon meteorologi.

Neon, argon, xenon, dan krypton disebut **gas mulia (inert gases)**, karena tidak mudah bersenyawa dengan elemen lain. Manfaat gas antara lain neon digunakan untuk reklame atau lampu penerang dan argon dipakai dalam bola lampu listrik.

- b. Gas yang jumlahnya berubah terdiri atas uap air, karbon dioksida, dan ozon. Ketiga gas ini penting dalam proses pertukaran panas oleh penyinaran antara atmosfer, matahari, bumi dan antara bagian-bagian di atmosfer sendiri.

Meskipun nitrogen dan oksigen keduanya meliputi jumlah 99% volume udara, tetapi kedua gas ini sangat pasif terhadap proses-proses meteorologi. Gas-gas yang penting di dalam proses meteorologi antara lain sebagai berikut.

- 1) Uap air ( $H_2O$ ), gas ini dapat berubah wujud dari fase gas menjadi fase cair dan padat.
- 2) Karbon dioksida ( $CO_2$ ), gas ini dapat menjadi inti-inti kondensasi yang mempercepat proses pembentukannya.
- 3) Ozon ( $O_3$ ), gas ini terdapat terutama pada ketinggian 20–30 km. Ozon penting karena menyerap sinar ultra violet yang mempunyai energi besar dan berbahaya bagi manusia.

### 3. Lapisan Atmosfer

Menurut perubahan suhu dan ketinggiannya, atmosfer dapat dikelompokkan menjadi empat lapisan, yakni troposfer, stratosfer, mesosfer, dan termosfer (ionosfer).

#### a. Troposfer

Troposfer merupakan lapisan terbawah, terletak pada ketinggian antara 0 – 16 km. Beberapa ciri lapisan ini adalah sebagai berikut.

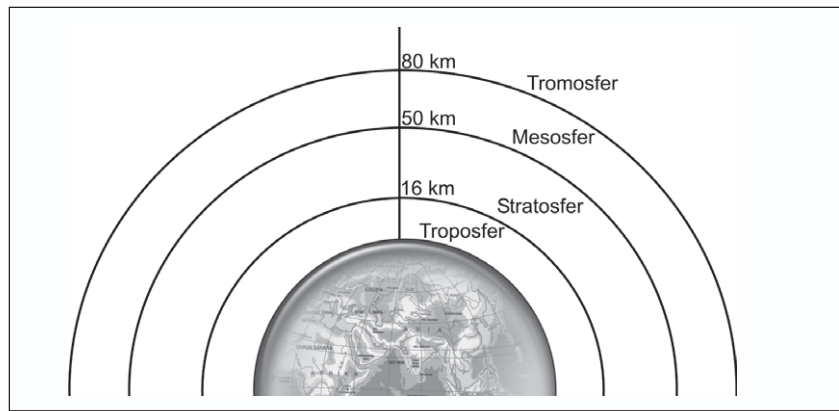
- 1) Lapisan ini mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kehidupan di bumi. Pada lapisan ini terjadi peristiwa-peristiwa cuaca seperti angin, hujan, awan, dan halilintar. Lapisan troposfer merupakan satu-satunya lapisan atmosfer yang mengandung uap air.
- 2) Temperatur troposfer relatif tidak konstan, makin tinggi dari permukaan bumi, suhunya makin rendah.
- 3) Ketebalan dan ketinggian lapisan ini berbeda-beda di setiap bagian bumi. Di daerah kutub ketinggiannya  $\pm 8$  km dengan suhu  $\pm -46^{\circ}\text{C}$ , di daerah sedang ketebalannya  $\pm 11$  km dengan suhu  $\pm -50^{\circ}\text{C}$ , dan di daerah khatulistiwa ketinggiannya  $\pm 16$  km dengan suhu  $\pm -30^{\circ}\text{C}$ . Terjadinya perbedaan ketebalan atmosfer antara di bagian kutub dan khatulistiwa diakibatkan karena adanya pengaruh rotasi bumi. Efek yang ditimbulkan gerakan rotasi di bagian khatulistiwa lebih besar bila dibandingkan di bagian kutub. Hal itulah yang mengakibatkan ketebalan atmosfer di bagian khatulistiwa lebih besar.
- 4) Troposfer terdiri atas beberapa lapisan, yaitu lapisan planetair dengan ketinggian 0 – 1 km, lapisan konveksi dengan ketinggian 1 – 8 km, dan lapisan tropopause dengan ketinggian 8 – 12 km.
- 5) Tropopaus merupakan lapisan antara yang membatasi lapisan troposfer dengan lapisan di atasnya (stratosfer). Temperaturnya relatif konstan.
- 6) Gerakan udara secara vertikal (konveksi) terhenti pada lapisan tropopause ini.

#### b. Stratosfer

Merupakan lapisan udara yang terletak pada ketinggian antara 16 – 50 km. Ciri-ciri lapisan ini adalah sebagai berikut.

- 1) Lapisan stratosfer terbagi atas tiga lapisan sebagai berikut.
  - a) Lapisan isotherm, terletak antara 16 – 20 km dengan temperatur yang tetap, yaitu  $-50^{\circ}\text{C}$ .
  - b) Lapisan panas, terletak antara 21 – 35 km dengan temperatur antara  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $+50^{\circ}\text{C}$ .
  - c) Lapisan campuran teratas, terletak antara 36 – 50 km dengan temperatur antara  $-70^{\circ}\text{C}$  sampai  $+80^{\circ}\text{C}$ .
- 2) Pada stratosfer terdapat lapisan ozon ( $\text{O}_3$ ) pada ketinggian 35 km sehingga disebut juga ozonosfer. Pada stratosfer, perbedaan ketinggian menyebabkan perbedaan suhu.





**Gambar 10.13** Penampang lapisan atmosfer.

- 3) Ozon merupakan lapisan yang memegang peranan penting bagi kehidupan karena menjadi pelindung pada permukaan bumi dari pancaran sinar ultraviolet matahari yang berlebihan sehingga tidak merusak kehidupan di bumi.
- 4) Pada lapisan ini terdapat lapisan stratopause yang merupakan lapisan peralihan antara stratosfer dan mesosfer. Suhu di stratopause umumnya konstan.

#### c. Mesosfer

Terdapat lapisan mesosfer yang berada pada ketinggian antara 50–80 km. Lapisan ini mempunyai peranan penting karena dapat melindungi bumi dari kejatuhan meteor. Pada lapisan ini meteor hancur dan terbakar karena gesekan dengan udara sehingga hanya kepingan-kepingan kecil yang sampai di permukaan bumi. Diperkirakan kecepatan meteor sewaktu memasuki atmosfer bumi mencapai 25.000 km per jam. Karena kecepatan itulah meteor terbakar dan hancur sehingga menimbulkan cahaya terang yang bergerak cepat pada malam hari.

#### d. Termosfer atau Ionosfer

Merupakan lapisan udara yang terletak pada ketinggian lebih dari 80 km. Ciri-ciri lapisan ini adalah sebagai berikut.

- 1) Pada lapisan ini sebagian molekul dan atom-atom atmosfer mengalami proses ionisasi, maka sering disebut lapisan ionosfer.
- 2) Pada lapisan ini terdapat lapisan inversi, yaitu lapisan atmosfer yang menunjukkan makin naik, suhunya makin tinggi. Karena itulah lapisan ini memiliki temperatur yang cukup tinggi hingga mencapai ratusan derajat Celcius, sehingga disebut lapisan termosfer.
- 3) Pada lapisan terdapat partikel-partikel ion yang berfungsi sebagai pemantul gelombang radio. Lapisan ionosfer terbagi menjadi tiga lapisan sebagai berikut.
  - a) Lapisan E atau lapisan *Kennelly Heavyside* (100 – 200 km).

- b) Lapisan F atau lapisan *Appleton* (200 – 400 km).
- c) Lapisan atom (400 – 800 km).

Pada lapisan E dan F, gelombang radio mengalami pemantulan, yakni gelombang panjang dan pendek.

### 3. Manfaat Atmosfer

Seandainya bumi yang kita tempati ini tidak diselimuti oleh atmosfer, tentu tidak akan ada kehidupan. Atmosfer merupakan salah satu komponen utama pendukung kehidupan di bumi selain air. Berikut beberapa manfaat atmosfer bagi kehidupan di muka bumi.

- a. Memantulkan kembali sinar ultraviolet yang dipancarkan matahari. Radiasi ultraviolet sangat berbahaya bagi makhluk hidup di bumi.
- b. Melindungi bumi dari benturan benda-benda langit atau meteor yang hancur lebih dahulu di lapisan mesosfer.
- c. Sebagai pemantul gelombang radio yang digunakan dalam proses telekomunikasi.
- d. Menjaga kestabilan suhu udara, sehingga tidak terlalu panas di siang hari dan terlalu dingin di malam hari.
- e. Membantu makhluk hidup dalam pemenuhan kebutuhan oksigen untuk bernapas.
- f. Menjaga temperatur bumi. Tanpa atmosfer, temperatur bumi pada siang dan malam dapat berbeda drastis. Temperatur siang akan tinggi sekali dan temperatur malam akan rendah sekali. Atmosfer menjaga agar temperatur antara siang dan malam hari tidak terlalu jauh berbeda.
- g. Sebagai sumber gas dan uap pembuat hujan.

### 4. Cuaca dan Iklim

**Cuaca** adalah keadaan udara pada suatu saat di daerah yang relatif sempit. Misalnya keadaan hujan, cuaca cerah, banyak terdapat awan, tekanan angin tinggi, udara panas atau sejuk di suatu kota. Adapun **iklim** adalah keadaan rata-rata cuaca pada suatu wilayah yang relatif luas dan waktu yang relatif lama (puluhan tahun). Ilmu yang mempelajari cuaca disebut **meteorologi** dan ilmu yang mempelajari iklim adalah **klimatologi**.

Cuaca dan iklim di bumi ini senantiasa berubah-ubah. Walau begitu, sifat dan polanya pada kawasan tertentu memiliki kecenderungan yang sama. Cuaca dan iklim dapat terbentuk karena unsur-unsur sinar matahari, suhu/temperatur, kelembapan udara, tekanan udara, curah hujan, angin, dan awan.

#### a. Sinar Matahari

Bumi beredar mengelilingi matahari pada lintasan elips yang disebut garis edar (orbit). Matahari yang berpijar memancarkan sinarnya ke segala arah, dan bumi yang

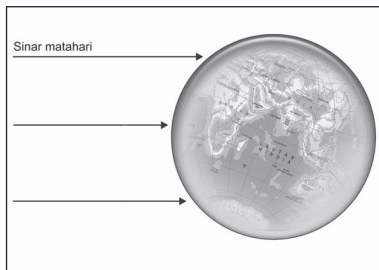
mengelilinginya pun menerima sinar matahari tersebut. Karena bumi berbentuk bulat dan selalu berputar pada porosnya, tidak mungkin semua permukaan bumi menerima penyinaran matahari pada saat yang bersamaan. Waktu penerimaan sinar matahari di suatu kawasan tertentu sangat dipengaruhi oleh letak lintang kawasan tersebut. Makin tinggi letak lintang suatu kawasan, maka penyinaran akan makin kurang, sehingga waktu siang hari di kawasan tersebut makin pendek.

Di samping itu, penyinaran matahari pada bumi juga dipengaruhi oleh pergerakan unsur-unsur di atmosfer. Misalnya, awan yang ada pada lapisan troposfer dapat menghalangi sinar matahari di suatu kawasan, sehingga kawasan yang diselubungi awan tersebut tidak mendapat penyinaran matahari.

#### b. Suhu (Temperatur)

Adanya perbedaan tingkat pemanasan matahari di permukaan bumi menyebabkan suatu kawasan akan memiliki perbedaan suhu dengan kawasan lainnya. Sebagian panas yang sampai ke permukaan bumi diserap dan sebagian lagi dipantulkan. Pantulan sinar matahari tersebut akan sangat memengaruhi suhu di kawasan tersebut.

Kawasan permukaan bumi yang berada pada posisi garis lintang  $0 - 23^\circ$  (sekitar garis khatulistiwa) akan mengalami pemanasan yang lebih banyak dibanding kawasan yang dekat kutub. Perhatikan **Gambar 10.14**!



**Gambar 10.14** Waktu penyinaran matahari dipengaruhi oleh letak lintangnya.

Daerah atau dataran yang tinggi akan memiliki suhu yang lebih sejuk dibanding daerah atau dataran yang rendah. Hal ini terjadi karena pemanasan berlangsung melalui gelombang pantulan pemanasan dari permukaan. Dataran tinggi semacam pegunungan biasanya tidak membentang seperti dataran rendah, sehingga pemantulan pun tidak dapat berlangsung maksimal. Selain itu, kerapatan udara di dataran tinggi lebih renggang daripada di dataran rendah, sehingga udara di dataran tinggi kurang mampu menyerap panas.

Pemanasan di darat akan lebih cepat dibandingkan perairan karena keadaan daratan yang padat dan sulit ditembus sinar matahari. Pemanasan pada kawasan perairan berlangsung lambat karena air selalu bergerak dan dapat tertembus sinar matahari.

Dari penjelasan di atas, penerimaan panas Matahari ke permukaan bumi dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut.

- Sudut datang sinar matahari di posisi tegak lurus atau miring.
- Lamanya penyinaran matahari, semakin lama siangnya semakin panas yang diterima bumi.
- Keadaan muka bumi yang meliputi daratan yang bervegetasi, gurun pasir, dan lautan.
- Banyak sedikitnya awan atau uap air di udara.

### c. Kelembaban Udara

Pemanasan yang terjadi pada permukaan bumi menyebabkan air-air yang ada pada permukaan bumi, baik di daratan maupun lautan, menguap dan termuat dalam udara. Kandungan uap yang ada dalam udara ini dinamakan **kelembaban udara**. Kelembaban udara dapat berubah-ubah, tergantung pada pemanasan yang terjadi. Makin tinggi suhu di suatu kawasan, maka makin tinggi pula tingkat kelembaban udara di kawasan tersebut, karena udara yang mengalami pemanasan, merenggang, dan terisi oleh uap air. Kandungan uap air yang termuat dalam jumlah udara tertentu pada temperatur tertentu dibandingkan dengan kandungan uap yang dapat termuat dalam udara tersebut disebut **kelembaban relatif** atau **kelembaban nisbi**. Besarnya kelembaban relatif dinyatakan dalam persen. Untuk menentukan kelembaban relatif, digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kelembaban Relatif} = \frac{e}{E} \times 100\%$$

#### Keterangan:

$e$  = jumlah uap air yang dikandung udara (lembab absolut)

$E$  = jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung dalam udara tersebut

#### Contoh:

Suhu di suatu kawasan adalah  $25^{\circ}\text{C}$ , sedangkan setiap  $1\text{ m}^3$  udara memuat kandungan uap sebesar 45 gr. Apabila udara pada temperatur tersebut mampu memuat 67,5 gr uap air, tentukan kelembaban relatifnya!

#### Jawab:

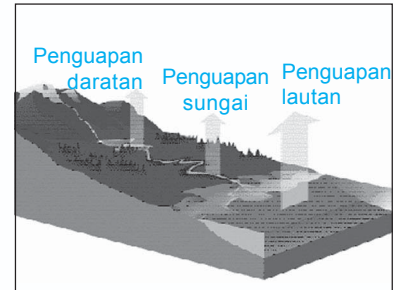
$$\begin{aligned}\text{Kelembaban Relatif} &= \frac{e}{E} \times 100\% \\ &= \frac{45}{67,5} \times 100\% = 66,6\%\end{aligned}$$

Jadi, kelembaban relatif di kawasan tersebut adalah 66,6%.

Selain kelembaban relatif atau kelembaban nisbi, ada jenis kelembaban lain yang disebut **kelembaban absolut**, yaitu jumlah yang menunjukkan kandungan uap air dalam satuan gram yang ada pada setiap  $1\text{ m}^3$  udara.

### d. Tekanan Udara

**Tekanan udara** adalah suatu gaya yang timbul oleh adanya berat dari lapisan udara. Udara merupakan kumpulan gas yang masing-masing memiliki massa dan menempati ruang. Karena massa yang dimilikinya, udara pun memiliki tekanan. Suhu di suatu kawasan sangat berpengaruh terhadap tekanan udara di kawasan tersebut. Bila suhu makin tinggi, maka tekanan udara akan makin rendah. Ini disebabkan udara yang hangat bersifat renggang. Sebaliknya, bila suhu makin rendah, maka tekanan udara akan makin



**Gambar 10.15** Besarnya penguapan memengaruhi kelembapan udara.

**Sumber:** Microsoft Student 2006



tinggi karena udara yang dingin lebih padat daripada udara yang panas. Berdasarkan hal tersebut, suhu sangat menentukan perbedaan tekanan udara di setiap kawasan di muka bumi ini.

**e. Angin**

Seperti telah kita ketahui, tekanan udara di setiap kawasan di bumi ini tidak sama. Karena adanya perbedaan tekanan udara di dua kawasan yang berbeda, maka udara yang berada di salah satu kawasan tersebut akan bergerak ke kawasan lain. Udara akan bergerak dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan yang lebih rendah untuk mengisi ruang. Maka udara bergerak dari daerah yang dingin ke daerah yang lebih panas. Udara yang bergerak ini disebut **angin**.

**f. Curah Hujan**

**Hujan** ialah suatu proses jatuhnya air ( $H_2O$ ) dari udara ke permukaan bumi. Air yang jatuh dapat berbentuk cair maupun padat (es dan salju). Hujan terjadi karena menguapnya air sebagai akibat dari pemanasan sinar matahari. Uap-uap air tersebut kemudian naik ke atmosfer dan mengalami kondensasi sehingga membentuk awan. Lama-kelamaan awan akan makin berat, karena kandungan airnya makin banyak. Bila uap air di awan telah mencapai jumlah tertentu, maka titik-titik air pada awan tersebut akan jatuh sebagai hujan.

**g. Awan**

**Awan** adalah kumpulan besar dari titik-titik air atau kristal-kristal es yang halus di atmosfer. Pada waktu musim kemarau sedikit sekali kita jumpai awan di udara karena penguapan yang terjadi sedikit, tetapi di musim hujan kita dapat menjumpai banyak sekali awan dengan berbagai bentuk dan variasinya, hal ini karena kandungan uap air di udara cukup banyak.

Berdasarkan bentuknya, awan dibedakan sebagai berikut.

- 1) Awan cumulus, yaitu awan putih yang bergerombol yang sering kita lihat di siang dan sore hari.
- 2) Awan stratus, yaitu awan yang berbentuk seperti selimut yang berlapis-lapis dan relatif luas.
- 3) Awan cirrus, yaitu awan yang letaknya tinggi sekali dan tipis seperti tabir.
- 4) Awan nimbus, yaitu awan gelap dengan bentuk yang tidak menentu, awan ini menandakan akan terjadinya hujan.

Kadang-kadang dijumpai bentuk-bentuk awan yang bervariasi atau gabungan. Contohnya awan cumulonimbus, yaitu awan yang bergumpal-gumpal gelap yang biasanya disertai dengan petir dan hujan yang lebat. Jenis awan ini sangat berbahaya bagi penerbangan.



**Gambar 10.16** Awan cumulonimbus.  
**Sumber:** Microsoft Encarta

## Tugas

Jelaskan proses terjadinya angin akibat adanya perbedaan tekanan udara!

## Latihan 10.2

1. Jelaskan pengertian dan sifat-sifat atmosfer!
2. Atmosfer terdiri dari macam-macam gas. Jelaskan pengertian dari gas konstan, gas variabel, gas mulia beserta contohnya masing-masing!
3. Jelaskan perbedaan antara iklim dengan cuaca!
4. Faktor-faktor apakah yang mempengaruhi terjadinya iklim dan cuaca?
5. Jelaskan lapisan-lapisan atmosfer!



## C. Gangguan Kesehatan dan Pencemaran Lingkungan

Apa yang terjadi jika litosfer dan atmosfer mengalami gangguan atau kerusakan? Jika lingkungan mengalami gangguan atau kerusakan, tentu akan berdampak pada makhluk hidup yang ada di dalamnya. Misalnya jika udara yang kamu hidup kotor, tentu lama-kelamaan dapat mengakibatkan gangguan pernapasan. Jika air yang sehari-hari kamu konsumsi telah tercemar, tentu kamu dapat mengalami iritasi kulit, gangguan pencernaan, dan berbagai gangguan kesehatan lainnya.

Mengapa litosfer dan atmosfer dapat mengalami gangguan dan kerusakan? Di kelas VII kamu telah mempelajari bahwa kepadatan penduduk merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran lingkungan. Lingkungan menerima polutan dari berbagai sumber. Misalnya, sampah rumah tangga dan sampah pada tempat pariwisata; limbah buangan beracun yang berasal dari pabrik-pabrik dan pembangkit listrik; adanya zat-zat kimia yang dipakai untuk persawahan, seperti pestisida untuk membunuh hama dan bahan penyubur yang membantu pertumbuhan tanaman.

Salah satu akibat pencemaran udara adalah menipisnya lapisan ozon, hujan asam, cuaca yang tidak terduga, dan naiknya permukaan air laut karena mencairnya pulau-pulau es di kutub. Apabila lapisan ozon makin menipis, maka sinar ultraviolet akan menembus ke permukaan bumi dengan kuat. Radiasi ultraviolet sangat merugikan manusia, hewan, dan tanaman. Sinar ultraviolet dapat menimbulkan penyakit katarak pada mata, berkembangnya penyakit kanker kulit, menurunkan kemampuan manusia untuk melawan infeksi, mengganggu proses fotosintesis pada tanaman baru sehingga menurunkan produksi panen berbagai tanaman pertanian dan perkebunan.



**Gambar 10.17** Air yang tercemar dapat menyebabkan gangguan kesehatan jika dikonsumsi.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Untuk mengurangi bahaya menipisnya lapisan ozon dapat dilakukan dengan cara, antara lain, pembatasan jumlah kendaraan untuk memperkecil pencemaran asap, penghapusan secara bertahap produksi CFC dan halon serta mengembangkan CFC yang ramah lingkungan, seperti hidrokarbon dan hidroklorofluorokarbon (HCFC).

Hujan asam pertama kali terjadi di Skandinavia pada tahun 1960-an. Para ilmuwan memperhatikan bahwa ikan-ikan menyelam lebih dalam di danau dan sungai-sungai dikarenakan air di permukaan bersifat asam. Air asam ini berasal dari air hujan. Air hujan yang bersifat asam ini disebabkan oleh adanya oksida sulfur dan oksida nitrogen yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara atau minyak. Gas-gas ini dibawa ke dalam atmosfer dan disebarkan pada daerah yang luas oleh angin. Gas-gas itu akan larut di dalam air hujan dan berubah menjadi asam sulfat dan asam nitrat. Hujan asam dapat merusak tanaman, berbagai peralatan, dan bangunan. Jika air yang asam ini kamu gunakan untuk mandi atau mencuci, dapat menyebabkan iritasi kulit. Dan bila diminum, dapat menyebabkan gangguan pencernaan dan gangguan kesehatan yang lain. Oleh karena itu, berhati-hatilah dalam mengonsumsi air.



**Gambar 10.18** Beberapa pekerja membersihkan tumpahan minyak di pantai.

**Sumber:** Microsoft Encarta

Pencemaran di litosfer juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan lingkungan. Contohnya adalah pencemaran minyak di perairan laut. Saat ini terdapat lebih dari 3.000 tanker (kapal pengangkut minyak) yang berada di atas lautan untuk mengangkut minyak dengan tujuan keseluruh dunia. Pencemaran minyak dapat berasal dari pembersihan tangki dan kecelakaan yang terjadi di lautan. Ketika minyak tumpah, lapisan minyak akan menutupi permukaan lautan yang luas. Minyak dapat membunuh kehidupan di laut. Jika minyak di buang ke pantai, maka akan merusak pantai. Minyak diuraikan oleh bakteri secara alami dengan lambat. Pencemaran minyak dapat dihilangkan lebih cepat oleh manusia, tetapi biayanya mahal. Contoh pemecahan masalah akibat pencemaran minyak, antara lain, dengan mendaur ulang minyak dan mengurangi kecelakaan tanker.

Sampah juga dapat menjadi sumber gangguan litosfer dan atmosfer. Sampah tersebar di berbagai tempat, seperti sungai, selokan, lautan, dan daerah pariwisata. Sampah anorganik seperti plastik, kaleng, dan botol kaca sukar diuraikan secara alami sehingga tahan selama bertahun-tahun. Jika sampah seperti ini dibuang di lautan dapat mengganggu kehidupan ikan, burung laut, dan mamalia laut.

Industri juga menghasilkan limbah. Sejumlah besar limbah pabrik dibuang melalui sungai menuju lautan. Limbah industri ini dapat meracuni lingkungan. Limbah ini banyak mengandung logam berat dan bahan kimia beracun lainnya. Kadar logam berat di sungai dan lautan yang tinggi dapat membahayakan makhluk hidup yang hidup di dalamnya dan yang memanfaatkan air dari tempat tercemar tersebut. Contohnya, tembaga. Pencemaran yang disebabkan tembaga dapat





**Gambar 10.19** Jika perairan ini tercemar DDT, residu DDT akan terkumpul di dalam tubuh ikan. Burung yang memakan ikan tersebut cangkangnya dapat menjadi tipis dan mudah pecah.

**Sumber:** *science.nationalgeographic.com*

membunuh plankton dan ikan sepanjang jalur hanyutnya logam tersebut. Logam tembaga akan tersimpan dan tertimbun hingga ke tingkat yang membahayakan di dalam tubuh hewan lain dan manusia yang telah memakan ikan-ikan tersebut. Selain mengandung bahan kimia berbahaya, limbah juga sering mengandung bakteri, virus, dan telur parasit yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Sejumlah bahan kimia tiruan yang buatan juga dapat menyebabkan gangguan atmosfer dan litosfer. Contohnya adalah pestisida DDT. Residu DDT sukar terurai di lingkungan. Insektisida DDT (*dichlorodi-pheniltrichlorethan*) dapat menyebabkan cangkang telur burung menjadi tipis sehingga telur mudah pecah sebelum menetas. DDT ini juga menyebabkan kanker.

## Latihan 10.2

1. Apakah yang kamu ketahui tentang pemanasan global? Sebutkan dampaknya terhadap kesehatan manusia!
2. Mengapa pencemaran gas karbon monoksida dapat menyebabkan kematian?
3. Apa penyebab menipisnya lapisan ozon? Apa konsekuensinya terhadap kesehatan manusia?
4. Mengapa saat ini penggunaan DDT di larang di seluruh dunia?

## Rangkuman

- Bumi tersusun dari tiga lapisan, yaitu kulit bumi, mantel bumi, dan inti bumi. Kulit bumi atau litosfer adalah lapisan bumi yang paling luar dan terdiri atas batuan. Litosfer terdiri dari kerak daratan dan kerak lautan.
- Batuan di permukaan bumi dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan proses pembentukannya, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan malihan (metamorfosis).



- Permukaan bumi dengan proses alamiah yang digerakkan oleh suatu tenaga alamiah yang berasal dari dalam bumi (endogen) dan tenaga alamiah dari luar bumi (eksogen). Kedua tenaga alamiah ini dapat memberikan manfaat maupun dampak bagi perkembangan bumi.
- Atmosfer adalah lapisan gas yang menyelimuti permukaan bumi. Sifat-sifat atmosfer antara lain sebagai berikut.
  - a. Tidak berwarna, tidak berbau, hanya dapat dirasakan dalam bentuk angin.
  - b. Dinamis dan elastis sehingga dapat mengembang dan mengerut.
  - c. Transparan terhadap beberapa bentuk radiasi.
  - d. Mempunyai berat sehingga dapat menimbulkan tekanan.
- Gas yang membentuk udara di atmosfer dibagi menjadi dua kelompok, yaitu gas yang jumlahnya permanen (gas konstan) dan gas yang jumlahnya berubah (gas variabel).
- Menurut ketinggiannya, atmosfer terdiri dari empat lapisan sebagai berikut.
  - a. Troposfer, dengan ketinggian 0 – 16 km.
  - b. Stratosfer, dengan ketinggian 16 – 50 km.
  - c. Mesosfer, dengan ketinggian 50 – 80 km.
  - d. Termosfer atau ionosfer, dengan ketinggian lebih dari 80 km.
- Cuaca adalah keadaan udara pada suatu saat di daerah yang relatif sempit. Misalnya keadaan hujan, cuaca cerah, banyak terdapat awan, tekanan angin tinggi, udara panas atau sejuk di suatu kota. Ilmu yang mempelajari cuaca disebut meteorologi.
- Iklim adalah keadaan rata-rata cuaca pada suatu wilayah yang relatif luas dan waktu yang relatif lama (puluhan tahun). Ilmu yang mempelajari iklim adalah klimatologi.

### Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Litosfer dan Atmosfer** dalam bab ini. Untuk itu lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian litosfer, pembentuk litosfer, dan gejala alam yang terjadi pada litosfer?
2. Dapatkah kamu menjelaskan pengertian atmosfer, susunan dan lapisan-lapisannya, serta gejalanya baik yang berupa iklim maupun cuaca?
3. Apakah kamu dapat menjelaskan pengaruh gejala alam yang terjadi pada litosfer maupun atmosfer terhadap kesehatan manusia dan permasalahan lingkungan?

### Latih Kemampuan

10

*Kerjakan di buku tugasmu!*

#### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Bumi terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut, **kecuali** ....
  - a. batuan
  - b. kulit
  - c. mantel
  - d. inti
2. Lapisan bumi yang letaknya paling luar dengan ketebalan rata-rata 70 km dinamakan ....
  - a. inti bumi
  - b. hidrosfer
  - c. litosfer
  - d. biosfer

3. Berikut ini yang merupakan contoh batuan beku adalah ....
  - a. batu granit
  - b. batu breksi
  - c. batu kapur
  - d. batu permata
4. Tenaga dari bumi yang menyebabkan proses alamiah yang membentuk permukaan bumi disebut ....
  - a. tenaga eksogen
  - b. tenaga endogen
  - c. tenaga alam
  - d. tenaga buatan
5. Tenaga endogen terdiri dari ....
  - a. tektonisme dan vulkanisme
  - b. sedimentasi dan pelapukan
  - c. divergen dan konvergen
  - d. akuatis dan aeolis
6. Batuan malihan yang terbentuk karena adanya pemanasan dan peningkatan suhu disebut batuan ....
  - a. dinamo
  - b. korok
  - c. topaz
  - d. kontak
7. Peristiwa pengikisan permukaan bumi karena hembusan angin dinamakan ....
  - a. eksarasi
  - b. korosi
  - c. ablasi
  - d. deflasi
8. Gumuk pasir (*sand dune*) merupakan contoh peristiwa ....
  - a. sedimentasi akuatis
  - b. sedimentasi aeolis
  - c. sedimentasi marine
  - d. sedimentasi pluralis
9. Lapisan-lapisan gas yang menyelubungi bumi dinamakan ....
  - a. atmosfer
  - b. eksosfer
  - c. hidrosfer
  - d. ionosfer
10. Berikut ini beberapa manfaat atmosfer, kecuali ....
  - a. menjaga temperatur bumi
  - b. menyaring sinar Matahari yang mengandung radiasi ultraviolet
  - c. menyediakan logam yang diperlukan
  - d. melindungi bumi dari benda-benda angkasa yang jatuh ke bumi
11. Cuaca dan iklim terbentuk karena unsur-unsur sebagai berikut, kecuali ....
  - a. sinar matahari
  - b. temperatur
  - c. kelembapan udara
  - d. kandungan logam
12. Udara yang bergerak disebut ....
  - a. angin
  - b. awan
  - c. atmosfer
  - d. stratosfer
13. Berikut ini adalah gas-gas mulia yang terkandung dalam atmosfer, **kecuali** ....
  - a. argon
  - b. neon
  - c. xenon
  - d. ozon
14. Peristiwa-peristiwa cuaca seperti hujan, angin, awan terbentuk pada lapisan ....
  - a. troposfer
  - b. stratosfer
  - c. mesosfer
  - d. ionosfer
15. Ilmu yang mempelajari iklim disebut ....
  - a. kronologi
  - b. meteorologi
  - c. klimatologi
  - d. iklimologi

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan pengertian dari kerak daratan dan kerak lautan serta sebutkan macam-macam bentuknya!
2.
  - a. Sebutkan dan jelaskan macam-macam tenaga eksogen!
  - b. Tenaga eksogen dapat memberikan manfaat positif bagi permukaan bumi. Sebutkan!
3. Sebutkan sifat-sifat atmosfer!
4. Apa saja unsur-unsur yang mempengaruhi terjadinya iklim dan cuaca? Jelaskan!
5. Jelaskan pengertian dari istilah-istilah berikut ini!
  - a. bentang alam
  - b. tektonisme
  - c. deflasi
  - d. gumuk pasir
  - e. gas mulia
  - f. udara kering
  - g. kelembaban relatif
  - h. meteorologi

### **Tsunami Krakatau Lebih Dahsyat**

Ada baiknya kedahsyatan tsunami akibat letusan Gunung Krakatau, kita kenang. Andaikan bencana itu terjadi sekarang, jelas akan lebih ngeri dari gempa dan tsunami yang melanda Aceh dan sejumlah negara, pada tanggal 26 Desember 2004.

Pukul 10.20, 27 Agustus 1883, terdengar suara dentuman hebat dari arah Selat Sunda. Dentuman hebat itu kemudian disusul dengan semburan debu vulkanis setinggi 80 kilometer. Dentumannya terdengar hingga jarak 4.500 kilometer jauhnya dari pusat ledakan di Selat Sunda. Konon, inilah suara paling keras yang pernah terjadi di dunia hingga saat ini, kurang lebih setara dengan 21.547,6 kali letusan bom atom. Semburan materi Gunung Krakatau berjatuh menutupi daerah seluas 800.000 kilometer persegi. Selama tiga hari penuh Pulau Jawa dan Sumatera tertutup hujan abu. Lokasi Krakatau di tengah lautan membawa bencana tsunami dan air bah yang menerjang pantai-pantai Teluk Betung, Lampung, serta pesisir Jawa Barat, dari Merak sampai Ujungkulon. Air laut naik sampai 30 meter, menerjang dan menghancurkan desa-desa di pantai.

Di Ujungkulon, air bah masuk sampai sekitar 15 kilometer ke arah darat. Diperkirakan 36.000 orang meninggal dunia akibat letusan hebat ini. Sebuah kapal dari pelabuhan Teluk Betung telah terlempar sejauh 2,5 km dan terbawa hanyut ke bagian rendah dari Sungai Kuripan. Hujan abu dan batunya mencapai areal seluas 300.000 mil persegi atau 483 km persegi dalam radius 150 km per segi. Pada waktu itu Jakarta (Batavia) dan daerah sekitar Selat Sunda seperti Anyer, Labuan, Kalianda, Teluk Betung dan Kota Agung menjadi gelap gulita. Tsunami itu juga menimbulkan kerusakan parah di Hawaii dan menerpa pantai barat Amerika Tengah. Hempasan gelombang menjangar sampai ke Jazirah Arab, 7.000 kilometer lebih jauhnya dari pusat ledakan. Gelombang tsunami juga mencapai Afrika Selatan, Honolulu, Atlantik, dan Selatan Panama (sekitar 29.646 km dari Krakatau).

Seorang peneliti memperkirakan gelombang tsunami yang terbesar pada letusan Krakatau 1883 adalah tsunami pada periode letusan akhir, di mana jutaan meter kubik material vulkanik yang dilontarkan ke udara, terhempas kembali ke laut, sehingga mengakibatkan gelombang setinggi 30 meter sampai 40 meter yang menerjang pantai-pantai, dan menelan banyak korban jiwa manusia.

Menurut Donald Olson, fisikawan dan profesor astronomi di Texas State University, letusan Gunung Krakatau waktu itu sungguh dahsyat sehingga menerbangkan debu-debu ke atmosfer dan menciptakan senja merah menyala di Eropa antara November 1883 hingga Februari 1884. Tidak tercatat berapa juta gulden kerugian karena letusan tersebut. Diperoleh keterangan korban manusia tewas 36.417 orang. Pada saat itu, korban sebanyak itu sampai saat ini mungkin merupakan korban terbesar di dunia yang disebabkan oleh bencana alam. Saat itu penduduk di Pulau Jawa dan Sumatra masih sangat sedikit. Bila letusan itu terjadi sekarang, kerugian, kerusakan dan kesedihan karena kematian yang ditimbulkan akan berlipat ganda karena padatnya penduduk. Setelah letusan dahsyat itu, para ahli gunung api menyimpulkan bahwa letusan yang serupa mungkin dapat terjadi 2000 sampai 3000 tahun lagi atau mungkin lebih lama lagi.

**Sumber:** *The Surakarta Post* 2005

## Latihan Semester II

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Benda-benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet seperti kayu, kertas, dan penggaris disebut benda ....
  - magnetik
  - nonmagnetik
  - antimagnetik
  - immagnetik
- Sudut penyimpangan kutub magnet bumi terhadap kutub bumi disebut sudut ....
  - magnet
  - kutub
  - inklinasi
  - deklinasi
- Cara membuat magnet dengan cara mendekatkan batang baja atau besi pada sebuah magnet kuat dinamakan ....
  - induksi magnetik
  - feromagnetik
  - aliran listrik
  - menggosok
- Daerah di sekitar magnet yang menyebabkan sebuah muatan yang bergerak di sekitarnya mengalami suatu gaya dinamakan ....
  - daerah magnet
  - kutub magnet
  - medan magnet
  - garis magnet
- Besarnya gaya Lorentz dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut, **kecuali** ....
  - medan magnetik
  - kuat arus listrik
  - panjang kawat penghantar
  - gaya magnetik
- Besarnya ggl induksi atau tegangan yang menyebabkan arus listrik pada percobaan Faraday disebabkan oleh ....
  - perubahan arah garis gaya magnetik
  - perubahan jumlah garis gaya magnetik
  - perubahan medan magnetik
  - perubahan kutub magnet
- Sebuah kumparan dengan 3.000 lilitan, terjadi perubahan fluks magnetik 1.500 Wb selama selang waktu 2 sekon. Besar ggl induksi yang terjadi adalah ....
  - $2,5 \times 10^6$  volt
  - $2,25 \times 10^6$  volt
  - $-2,25 \times 10^6$  volt
  - $-2,5 \times 10^6$  volt
- Generator arus bolak-balik disebut juga ....
  - altenator
  - akumulator
  - baterei
  - elemen
- Ciri-ciri transformator *step up* adalah sebagai berikut, **kecuali** ....
  - $N_p > N_s$
  - $V_p < V_s$
  - $I_p > I_s$
  - $I_p = I_s$
- Efisiensi transformator adalah perbandingan antara ....
  - arus keluar dan arus masuk
  - daya keluar dan daya masuk
  - ggl keluar dan ggl masuk
  - kalor keluar dan kalor masuk
- Sebuah radio memerlukan tegangan 9 volt dari catu daya 220 volt. Jika kumparan primer trafo memiliki 440 lilitan, maka jumlah lilitan yang dimiliki kumparan sekunder adalah ....
  - 9 lilitan
  - 12 lilitan
  - 18 lilitan
  - 24 lilitan
- Pusat tata surya adalah ....
  - bintang
  - planet
  - matahari
  - komet



13. Sumber energi Matahari berasal dari ....
  - a. radiasi
  - b. pembakaran
  - c. planet
  - d. reaksi inti
14. Berikut ini adalah nama-nama planet dalam tata surya, **kecuali** ....
  - a. pluto
  - b. mars
  - c. venus
  - d. uranus
15. Benda langit yang mengorbit planet disebut ....
  - a. komet
  - b. meteor
  - c. satelit
  - d. pesawat
16. Batuan malihan disebut juga batuan ....
  - a. beku
  - b. korok
  - c. sedimen
  - d. metamorfosis
17. Erosi yang disebabkan oleh gerakan es yang mencair disebut ....
  - a. eksarasi
  - b. gletser
  - c. abrasi
  - d. ablasi
18. Endapan pasir tepi pantai yang melintang seperti lidah banyak dijumpai di sekitar teluk atau estuaria disebut ....
  - a. delta
  - b. tembolo
  - c. nehrung
  - d. dataran banjir
19. Lapisan antara yang membatasi lapisan stratosfer dengan troposfer disebut ....
  - a. stratopause
  - b. tropopause
  - c. mesopause
  - d. termopause
20. Suhu di suatu kawasan adalah  $25^{\circ}\text{C}$ , sedangkan setiap  $1\text{ m}^3$  udara memuat kandungan uap sebesar 45 gr. Apabila udara pada temperatur tersebut mampu memuat 67,5 gr uap air, maka kelembaban relatifnya adalah ....
  - a. 33,3%
  - b. 44,4%
  - c. 66,6%
  - d. 77,7%

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan perbedaan antara magnet permanen dan magnet sementara!
2. Sebutkan alat-alat yang menggunakan magnet dalam prinsip kerjanya!
3. Jelaskan cara-cara menghilangkan sifat-sifat kemagnetan!
4. Apakah yang dimaksud ggl induksi? Jelaskan!
5. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya ggl induksi!
6. Sebuah kumparan dengan 2.500 lilitan, terjadi perubahan fluks magnetik 1.000 Wb selama selang waktu 5 sekon. Berapakah besar ggl induksinya?
7. Jelaskan ciri-ciri yang menjadi perbedaan traansformator step up dan transformator step down!
8. Sebutkan hukum-hukum Kepler yang nerkaitan dengan gerak planet mengelilingi matahari!
9. Sebutkan akibat-akibat rotasi dan revolusi bumi!
10. Sebutkan manfaat atau kegunaan atmosfer bagi bumi!

# Glosarium

aeroponik	: suatu cara bercocok tanam tanpa menggunakan media
alel	: sepasang gen yang saling mempengaruhi dan terletak pada posisi yang sama pada pasangan kromosom
anemogami	: penyerbukan yang terjadi melalui perantara angin
angiospermae	: tumbuhan berbiji tertutup
arus AC	: (= <i>Alternating Current</i> ) arus bolak-balik
arus DC	: (= <i>Direct Current</i> ) arus searah
arus listrik	: banyaknya muatan yang mengalir dalam setiap detik
asteroid	: benda-benda langit berupa bongkah batuan yang terdapat dalam sebuah sabuk antara Mars dan Jupiter
astronomi	: ilmu pengetahuan mengenai kedudukan, gerak, susunan, sejarah, dan keadaan di kemudian hari benda-benda langit
atmosfer	: lapisan udara yang menyelubungi Bumi
atom	: bagian terkecil dari sebuah materi
autosom	: kromosom yang tidak berperan dalam penentuan jenis kelamin
beda potensial	: usaha yang dilakukan untuk memindahkan sebuah muatan listrik dari suatu titik ke titik lain
bioteknologi	: penerapan sistem biologi dalam proses industri dengan melibatkan mikrobiologi, biokimia, rekayasa genetika, dan biologi molekuler untuk menghasilkan produk dan jasa
daya	: banyaknya energi per satuan waktu
dendrit	: tonjolan protoplasma pada badan sel dan bercabang-cabang yang berfungsi menerima dan menghantarkan impuls saraf
dihibrid	: persilangan dua sifat beda
diploid	: dua kerangka kromosom di mana masing-masing kromosom ada dua
dominan	: sifat-sifat yang menutupi sifat lain/sifat pasangan pada keturunan
elektromagnetik	: magnet yang terdiri dari inti feromagnetik lunak yang dililit sebuah kawat berisolasi
elektron	: muatan negatif penyusun sebuah atom, elektron terletak pada kulit-kulit atom dan bergerak mengelilingi inti atom
elemen primer	: sumber arus listrik yang tidak dapat diperbarui, contohnya baterai
elemen sekunder	: sumber arus listrik yang dapat diperbarui, contohnya akumulator
elemen volta	: elemen yang ditemukan oleh Volta yang dapat menghasilkan arus listrik terdiri atas elektroda seng dan elektroda tembaga yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit
energi listrik	: bentuk energi yang berhubungan dengan letak suatu muatan listrik di dalam medan listrik
energi	: ukuran kemampuan suatu sistem untuk melakukan kerja
entomogami	: penyerbukan yang terjadi melalui perantara serangga
erosi	: terjadinya pengikisan lapisan tanah oleh air, angin, dan sebagainya
fenotipe	: sifat-sifat lahiriah yang tampak atau bisa diamati
fertilisasi	: proses penyatuan sel kelamin jantan dan sel kelamin betina
filamen	: kawat tipis
filial	: keturunan

folikel	: rongga kecil atau tabung yang sempit dan dalam seperti rongga rambut
gamet	: sel kelamin yang memiliki kromosom haploid
gametogenesis	: proses pembentukan sel kelamin (gamet)
garis gaya magnet	: pola garis-garis medan magnetik di sekitar magnet
gen	: satuan pewarisan sifat yang menentukan sifat suatu individu
generator	: alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik
genotipe	: gen yang menentukan sifat suatu individu
geragih	: batang yang tumbuh mendatar di atas permukaan tanah
GGL	: (= Gaya Gerak Listrik), gaya yang dihasilkan sebuah sumber arus listrik yang mampu membuat elektron bergerak
glomerulus	: bagian dalam kapsul Bowman pada ginjal yang merupakan jala pembuluh darah kapiler
gymnospermae	: tumbuhan berbiji terbuka
habitat	: tempat hidup alamiah suatu organisme
haploid	: bagian tubuh individu yang mengandung jumlah kromosom separuh dari jumlah kromosom sel bagian tubuh yang lain
heterozigot	: keadaan genotipe yang terdiri atas gen-gen yang tidak sama
hibernasi	: keadaan istirahat total pada hewan di musim dingin
hidrofit	: tumbuhan yang hidupnya menyesuaikan dengan lingkungan berair atau becek
hidroponik	: penanaman tanaman pertanian dalam air yang banyak mengandung nutrisi
hidrosfer	: bagian permukaan Bumi yang diliputi oleh air (laut, danau, dan lain-lain)
higrofit	: tumbuhan yang hidup pada tempat yang banyak mengandung air
homozigot	: keadaan genotipe yang terdiri atas gen-gen yang sama
inseminasi	: pemasukan sperma ke dalam alat kelamin betina
intermediet	: dua sifat yang tidak dominan maupun resesif satu terhadap lainnya
kalor	: panas
kambium	: bagian batang atau akar yang terdapat pada tumbuhan dikotil dan Gymnospermae, yang berfungsi membentuk kulit dan kayu
kloaka	: muara bersama saluran kencing, saluran pencernaan, dan saluran kelamin
koklea	: bagian dari telinga dalam yang berupa rongga tubuler berbentuk spiral
komet	: benda langit yang bergerak mengelilingi Matahari dengan lintasan elips yang gepeng; tampak berekor cahaya ketika dekat dengan Matahari
kompass	: alat penunjuk arah yang menggunakan prinsip magnet
komunitas	: beberapa populasi organisme baik tumbuhan maupun hewan yang hidup bersama dalam hubungan ekologi mendiami suatu wilayah
kopulasi	: penyatuan unsur-unsur kelamin
korola	: mahkota bunga
koronagraf	: teleskop khusus untuk menghasilkan suatu gerhana Matahari buatan
kromosom	: satu struktur berbentuk benang-benang terdapat dalam inti sel
kultur jaringan	: suatu cara memperbanyak tanaman secara vegetatif
limfe	: cairan yang dihasilkan dan dialirkan oleh kelenjar-kelenjar bening
lithosfer	: bagian Bumi yang terdiri atas batuan dan tanah
medan listrik	: daerah di sekitar muatan listrik yang masih terpengaruh gaya coulomb
medan magnetik	: daerah di sekitar magnet
meiosis	: proses pembelahan sel yang terjadi pada alat reproduksi
metabolisme	: pertukaran zat dan energi yang terjadi antara organisme hidup dan lingkungannya serta transformasi zat dan energi di dalam tubuh organisme

meteor	: benda langit yang bergerak dengan cepat di angkasa, berukuran dari sebesar kepala jarum pentul sampai yang bermassa 50.000 ton. Bila meteor memasuki atmosfer Bumi, bagian luarnya terbakar sehingga tampak sebagai bintang jatuh
meteorit	: sisa-sisa batuan meteor yang tidak habis terbakar dan dapat jatuh ke Bumi
mimikri	: kemampuan makhluk hidup meniru kelakuan individu lain untuk melindungi diri dari ancaman musuhnya
mitosis	: pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anak, yang masing-masing memiliki jumlah kromosom sama dengan sel induk
monohibrid	: persilangan dengan satu sifat beda
motor listrik	: mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik
muatan listrik	: sesuatu yang menyebabkan benda memiliki gaya tarik atau gaya tolak bila benda bermuatan tersebut didekatkan pada benda lain
neurit	: juluran yang panjang dari badan sel yang berfungsi menghantarkan rangsangan dari badan sel ke sel saraf lainnya
neutron	: partikel yang tidak bermuatan merupakan penyusun inti atom
nuselus	: jaringan di tengah-tengah ovarium
oogenesis	: proses pembentukan sel telur
ovulasi	: peristiwa pelepasan sel telur dari ovarium
ozon	: ( $=O_3$ ) gas yang dihasilkan dengan melewati lucutan listrik melalui oksigen; ozon tidak stabil, mudah terurai menjadi oksigen kembali
parental	: induk
partenogenesis	: perkembangan gamet menjadi individu baru tanpa melalui proses pembuahan
penis	: alat kelamin jantan untuk memasukkan sperma ke dalam alat kelamin betina
penyerbukan	: proses melekatnya serbuk sari ke kepala putik
planet	: benda gelap yang mengorbit sebuah bintang (dalam tata surya, bintangnya adalah Matahari)
polip	: fase hidup menempel (tidak dapat bergerak) pada hewan berongga seperti Hydra, Obelia, dan Aurelia
proton	: muatan positif penyusun inti atom
rangkaian paralel	: rangkaian dua buah alat atau lebih yang disusun sejajar
rangkaian seri	: rangkaian dua buah alat atau lebih yang disusun secara beruntun
resesif	: sifat yang tidak muncul atau tertutupi oleh sifat lain/pasangannya
resistor	: komponen listrik yang berfungsi untuk menghambat arus listrik
rizoma	: bagian batang yang tumbuh mendatar di dalam tanah dan memiliki tunas pada daun sisik
rotasi	: perputaran pada porosnya (sumbunya)
saklar	: komponen listrik yang berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan arus listrik pada sebuah rangkaian
sitokinesis	: pembagian plasma sel pada akhir pembelahan sel
skrotum	: kantung buah zakar
solar cell	: alat untuk mengubah tenaga Matahari menjadi energi listrik
sperma	: sel kelamin jantan
spermatogenesis	: proses pembentukan sel kelamin jantan
transformator	: alat untuk mengubah tegangan listrik yang berarus AC
urin	: air kemih yang terdiri dari air dan zat-zat yang ada di dalamnya (ureum, garam-garam, dan zat lain) yang tidak diperlukan lagi oleh tubuh
voltmeter	: alat listrik yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik
xerofit	: tumbuhan yang hidup di tempat-tempat yang kering dan panas



# Kunci Jawaban

## Bab I

### Pilihan ganda

1. b
3. a
5. c
7. c
9. c
11. b
13. a
15. c

## Bab II

### Pilihan ganda

1. b
3. a
5. d
7. c
9. d
11. a
13. d
15. d

## Bab III

### Pilihan ganda

1. c
3. c
5. b
7. a
9. a
11. .
13. b
15. d

## Bab IV

### Pilihan ganda

1. c
3. a
5. c
7. c
9. b
11. c
13. d
15. c

## Bab V

### Pilihan ganda

1. c
3. c
5. c
7. a
9. c
11. d
13. d
15. a

## Bab VI

### Pilihan ganda

1. a
3. b
5. d
7. b
9. c
11. b
13. c
15. c

## Latihan Semester I

### Pilihan ganda

1. d
3. a
5. b
7. d
9. b
11. d
13. b
15. c
17. b
19. c

## Bab VII

### Pilihan ganda

1. c
3. a
5. b
7. d
9. c
11. b
13. b
15. c

## Bab VIII

### Pilihan ganda

1. d
3. d
5. d
7. a
9. c
11. a
13. a
15. c

## Bab IX

### Pilihan ganda

1. c
3. a
5. c
7. c
9. a
11. b
13. a
15. d

## Bab X

### Pilihan ganda

1. a
3. a
5. a
7. d
9. a
11. d
13. d
15. c

## Latihan Semester II

### Pilihan ganda

1. b
3. a
5. d
7. c
9. a
11. c
13. d
15. c
17. a
19. b

# Daftar Pustaka

- Ardley, Neil. 2006. *101 Great Science Experiments*. USA: Dorling Kindersley.
- Burnie, David. 2000. *Jendela Iptek, Kehidupan*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Campbell, N.A. Reece, J.B. dan Mitchel, L.G. 1999. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Carlos, J.I. Kelley R.O. dan Carniero J. 1998. *Histologi Dasar*. Jakarta: EGC.
- Encyclopedia Britannica*, 2006 (perangkat lunak)
- Ensiklopedia IPTEK untuk Anak, Pelajar, dan Umum*. 2004. Jakarta: PT Lentera Abadi.
- Giancoli. 2000. *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*. USA: Prentice Hall.
- Hadiat, et all. 2004. *Kamus Sains*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Hewitt, Paul G. 2006. *Conceptual Physics*. San Fransisco: Addison Wesley.
- <http://id.wikipedia.com> diakses bulan Oktober 2006, Februari 2006, Februari - Maret 2008
- <http://imadudd1n.files.wordpress.com> diakses bulan 29 Juli 2008
- <http://news.bbc.co.uk> diakses 29 Juli 2008
- <http://physicsquest.homestead.com> diakses bulan 29 Juli 2008
- <http://science.nationalgeographic.com> diakses 29 Juli 2008
- <http://universe-review.ca> diakses 29 Juli 2008
- <http://wever.files.wordpress.com> diakses 29 Juli 2008
- <http://www.babycenter.com>. Fertility Problems, diakses bulan September 2005
- <http://www.cartage.org.lb> diakses 29 Juli 2008
- <http://www.cloneinternational.com.au>. How Do Scientist Make Clones, bulan Mei 2005
- <http://www.ined2know.org>. In Vitro Fertilization, diakses bulan Desember 2005
- <http://www.med.kyoto-u.ac.jp> diakses 29 Juli 2008
- <http://www.medicastore.com> diakses 29 Juli 2008
- <http://www.riversideonline.com> diakses 29 Juli 2008
- <http://www.teknologi.htm> diakses bulan Oktober 2006
- <http://www.uidaho.edu>. How to Clone, diakses bulan Oktober 2005
- <http://www.wpsprenhall.com> diakses Januari 2007
- Ilmu Pengetahuan Populer*. 2005. Jakarta: Grolier International, Inc.
- Kimball, John W. 2000. *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Kurnadi, K.A. 2001. *Dasar-Dasar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi UPI
- Kwa Siew Hwa. 2004. *My Pals are Here*. Federal Publications.
- Microsoft Encarta*, Edisi 2006 (perangkat lunak). Microsoft Cooperation.
- Microsoft Student*, Edisi 2008 (perangkat lunak). Microsoft Cooperation.

- Oksford Ensiklopedi Pelajar*. 1995. Jakarta: PT Widyadara.
- Oxlade, Chris dan Anita Ganeri. 2003. *Ensiklopedia Mini Sains*. Jakarta: Erlangga.
- Parker, Steve. 2000. *Jendela Iptek, Listrik*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Pearce, E.C. 1982. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia.
- Pelczar, M. dan E.C.S. Chan. 1998. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Rifai, Mien A. 2004. *Kamus Biologi*. Jakarta: Pusat Bahasa Depdiknas, Balai Pustaka.
- Rose, van, Susanna. 2000. *Jendela Iptek, Bumi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Stockley, Corinne. 2000. *Kamus Biologi Bergambar*. Jakarta: Erlangga.
- Stockley, C., Chris Oxlade, Jane Werthein. 2000. *Kamus Fisika Bergambar*. Jakarta: Erlangga.
- Santosa, S.W. dan Soerodikusumo, W. 1996. *Anatomi Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Suherlan, E. dan Adi Rahmat. 2001. *Penuntun Praktis Biologi Terapan*. Bandung: FPMIPA UPI.
- Suryo. 1995. *Sitogenetika*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- \_\_\_\_\_. 1998. *Genetika*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sutarno, N., Ammy Syulasmi dan Siti Sriyanti. 1999. *Petunjuk Praktikum Zoologi Invertebrata*. Bandung: FPMIPA UPI.
- Tempo*, 1 September 2004, 2 – 8 Oktober 2006, 6 – 12 November 2006, 13 – 19 November 2006
- The Human Body Atlas*. 2004. New South Wales: Grange Books and Global Book Publishing Pty Ltd.
- Tim Word Books. 2006. *The World Book Encyclopedia*. Chicago: World Book.
- Tjitrosoepomo. G. 2000. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Van Cleave, J. 1993. *A + Project in Biology: Memenangkan Percobaan-Percobaan Ilmiah untuk Lomba dan Pameran Sains dan Mendapat Nilai Tambah*. Klaten: Penerbit Pakar Raya.
- Whitten T. dan Jane Whitten. 2002. *Indonesia Heritage Tetumbuhan*. Jakarta: Buku Antar Bangsa.
- Wilardjo, Liek dan Dad Murniah. 2003. *Kamus Fisika*. Jakarta: Pusat Bahasa Depdiknas, Balai Pustaka.
- Winatasasmita, D. 2001. *Biologi Sel*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Yudianto. S. A. 1992. *Mengerti Morfologi Tumbuhan*. Bandung: Penerbit Tarsito.

# Indeks

## A

abrasi 221, 224  
adaptasi 35  
adrenalin 28  
aerponik 83  
AIDS 13  
akson 15  
akumulator 131, 133, 145  
alantois 52  
alat indra 21  
Albert Einstein 202  
albino 68  
albumen 51  
alel 62  
Alessandro Volta 132  
alternator 180  
alveolus 9  
amnesia 20  
amnion 51  
amperemeter 109, 111, 112, 115, 124  
angkasa luar 208  
antibiotik 81  
antidiuretik 28  
arus induksi 178  
asetilkolin 16  
asteroid 199  
astigmatisme 23  
atmosfer 204  
atom 95  
autosom 60

## B

bakal biji 45  
bakal buah 45  
bayi tabung 87  
beda potensial 106 - 115  
bel listrik 168  
benang sari 44  
benda magnetik 156  
bilirubin 10  
biliverdin 10  
bintang 208  
bintik buta 22  
bioteknologi 77  
bom 238  
bulan 205  
bumi 196, 203  
bunga 44  
buta warna 23, 70

## C

cangkang 51  
cangkok 43  
ceres 199  
Charles Augustin de Coulomb 98

## D

daur ulang 234  
daya akomodasi 22  
DDT 235  
delta 222, 223, 224  
dendrit 15

depolarisator 133  
dermatitis 26  
dermis 5  
diabetes melitus 69  
diploid 59  
dominan 61, 62

## E

efisiensi transformator 185  
ekskresi 5  
eksplan 84  
elektrolit 132, 134  
elektroskop 101, 102  
elemen Daniell 131, 133  
elemen primer 131, 133, 145  
elemen sekunder 131, 133, 145  
elemen Volta 131, 132  
elemen Weston 131  
empedu 10  
epidermis 5  
epididimis 12  
epilepsi 20  
Ernest Rutherford 95  
estrogen 29

## F

fenotipe 62  
fermentasi 81  
fertilisasi 49  
fotosfer 203  
fragmentasi 48

## G

gametogenesis 49  
garis gaya magnet 164  
gas bio 82  
gas variabel 226, 236  
gaya Coulomb 99 - 101, 124  
gaya elektrostatik 99  
gaya gerak listrik (ggl) 131  
gaya Lorentz 166  
gen 59, 61, 234  
gen letal 63  
gendang telinga 26  
generator 180  
genom 59  
genotipe 62  
George Simone Ohm 115, 124  
geragih 42  
gerak refleks 19, 20  
gerak sadar 19  
gerak semu matahari 205  
gerhana 207  
ggl induksi 178  
ginjal 6  
Giuseppe Piazzi 199  
glaukoma 23  
glomerulus 6  
glukagon 29  
golongan darah 69  
gonore 14  
gonosom 60  
gravitasi 102, 110

Gustav Kirchhoff 121

## H

Hans Christian Oersted 165  
haploid 59  
hati 10  
hemipenis 51  
hemofili 70  
heterozigot 62  
hiasan bunga 44  
hibernasi 39  
hibrid 63  
hidrofit 37  
hidrometer 134  
hidroponik 83  
hidung 24  
higrofit 37  
hipermetropi 23  
hipofisis 27  
HIV 13  
homozigot 62  
hormon 27, 81, 87  
hujan asam 234  
hukum Kirchhoff 120, 121, 123  
hukum Kepler 199  
hukum Ohm 115, 116, 121 - 124  
huruf braille 25

## I

induk buatan 87  
induksi 102, 137  
induksi magnetik 161  
inert gases 226  
influenza 24  
infundibulum 12  
inseminasi buatan 87  
insulin 29  
intermediet 64  
ionosfer 228  
isotherm 227

## J

J.J. Thomson 95  
jaringan ikat bawah kulit 5  
jembatan Wheatstone 124  
jerawat 25  
Johannes Kepler 199  
jupiter 197

## K

kalus 84  
kamufase 38  
kapsula bowman 6  
karbon 234  
karier 70  
katarak 23  
kehamilan 13  
kelenjar bulboouretral 12  
kelenjar buntu 27  
kelenjar endokrin 27  
kelenjar prostat 12  
kelenjar sebacea 5



kencing batu 8  
kencing manis 69  
keringat 5  
kerusakan ozon 233  
khatulistiwa 205  
kloning 88  
koma 200  
komet 200, 208  
komposisi urin 7  
kondensasi 226, 232  
konduktor 124, 128  
konveksi 227  
kopulasi 11  
korona 202  
koronagraf 203  
kromosfer 202  
kromosom 59  
kulit 5, 24  
kultur jaringan 83  
kuncup pengecap 24  
kuning telur 51  
kutub magnet 156

## L

lengkung refleksi 19  
lensa mata 22  
lidah 24  
lingkungan 35  
listrik dinamis 93, 105, 107  
listrik statis 93, 96, 104, 124  
litosfer 209, 210

## M

magnet 155, 208  
magnet elementer 162  
mars 196  
mata 21  
matahari 195, 202  
medan listrik 94, 102, 103, 110, 124,  
medan magnet 162  
meiosis 41  
membuat magnet 159  
Mendel 60  
menstruasi 13  
menyambung 43  
merkurius 196  
merunduk 43  
mesosfer 227  
metamorf 218, 220  
meteor 200, 208, 209  
Michael Faraday 177, 178  
mikroorganisme 77  
mimikri 38  
miopi 23  
mitosis 41  
motor listrik 167

## N

nefron 6  
Nehru 223  
neptunus 198  
neurit 15, 20  
neuron 15  
neurotransmitter 16  
Newton 102  
Niels Bohr 95

## O

okulasi 43  
oogenesis 49  
osmoregulasi 5  
otak 17  
ovarium 12, 29  
oviduk 12  
ovipar 49  
ovovivipar 49  
ozonosfer 227

## P

papila lidah 24  
paratiroid 28  
partenogenesis 48  
paru-paru 9  
pasang surut laut 207  
pelapukan batuan 210  
pemanasan global 210, 233  
pembangkit listrik 233  
pembawa sifat 70  
pemuliaan 68  
pencemaran 233, 234  
pengecap PTC 69  
penis 11  
penyerbukan 45  
periode sideris dan sinodis 206  
perkembangbiakan 41, 44, 48  
perkembangbiakan hewan 47  
perkembangbiakan tumbuhan 41  
persarian 45  
persilangan 60  
persilangan dihibrid 65  
persilangan monohibrid 63  
planet 195, 208  
plantlet 84  
plasenta 13  
plastik 234  
pluto 198  
polarisasi 133  
polidaktili 71  
presbiopi 23  
produksi pangan 77  
progesteron 29  
protein sel tunggal 78  
putik 45

## R

rabun 23  
relai 169  
reproduksi 40  
reproduksi burung 51, 52  
reproduksi ikan 50  
reproduksi katak 50  
reproduksi mamalia 52  
reproduksi manusia 10  
reproduksi reptilia 50  
resesif 61, 62  
resistensi 114  
resistor 116  
revolusi bumi 204  
rhizoma 42  
rotasi bumi 204

## S

saluran eustachius 26  
sand dunes 223

saraf 15, 18  
satelit 200  
satelit buatan 208  
saturnus 197  
sel alkalin 132  
seleksi alam 39  
semikonduktor 119  
sentromer 59  
serbuk sari 44  
sifat ajek 67  
sifilis 14  
sistem ekskresi 5  
sistem koordinasi 15  
skrotum 11  
somatotrof 27  
sperma 12  
spermatogenesis 49  
spora 42  
stek 42  
stratopause 228  
stratosfer 204, 227, 228  
strok 20  
sudut deklinasi 157  
sudut inklinasi 158  
sumsum tulang belakang 17

## T

tali pusat 52  
tanker 234  
telepon 170  
telinga 26  
termosfer 204, 227, 228  
testis 29  
testosteron 29  
tiroid 28  
tirosin 28  
transformator 182, 184  
transmisi daya listrik jarak jauh 187  
tropopause 227  
troposfer 204, 227, 230, 240  
tsunami 238  
tuba falopii 12  
tuli 27  
tunas 42, 48

## U

umbi 42  
uranus 197  
uterus 12

## V

vagina 12  
vaksin 86  
van de graaff 104  
vas deferens 12  
vasopresin 28  
venus 196  
vesika seminalis 12  
vivipar 49  
voltmeter 110, 111, 117

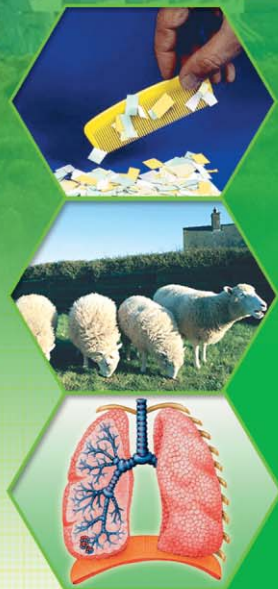
## W

Weber 162

## X

xerofit 36

# Ilmu Pengetahuan Alam 3



Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan ilmu yang mempelajari tentang alam sekitar secara sistematis melalui penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep atau prinsip-prinsip, dan hal-hal yang penting dengan suatu proses penemuan.

Bagaimana langkah kamu sebagai siswa untuk menguasai fakta, konsep, dan prinsip tersebut?

Buku ini akan membantumu mencapai hal tersebut. Selain itu, buku ini juga akan membantumu mempelajari dirimu sendiri dan alam sekitarmu.

Beberapa kompetensi pembelajaran yang berkaitan dengan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dapat kamu temukan, yaitu sebagai berikut.

- Prosedur ilmiah untuk mempelajari benda-benda alam dengan menggunakan peralatan.
- Klasifikasi zat.
- Wujud zat dan perubahannya.
- Berbagai sifat dalam perubahan fisika dan kimia.
- Gejala-gejala alam.
- Keanekaragaman makhluk hidup.
- Saling ketergantungan dalam ekosistem.
- Kepadatan penduduk dan permasalahannya.

Semua pembelajaran tersebut disajikan secara inkuiri ilmiah (*scientific inquiry*) yang memberikan pengalaman belajar secara langsung kepada kamu melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah.

ISBN 978-979-068-759-2 (nomor jilid lengkap)  
ISBN 978-979-068-765-3

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 69 Tahun 2008 Tanggal 7 November 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp15.888,-